



TUGAS AKHIR - MO141326

STUDI ARUS LAUT PADA SELAT ALAS UNTUK PEMETAAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT

LULI BANGKIT SUGITO

NRP. 4311 100 097

Dosen Pembimbing :

Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.

Sujantoko, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

Surabaya 60111

2017



FINAL PROJECT - MO141326

OCEAN CURRENT STUDY IN ALAS STRAIT FOR OCEAN CURRENT POWER PLANT MAPPING

LULI BANGKIT SUGITO

NRP. 4311 100 097

Supervisors:

Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.

Sujantoko, S.T., M.T.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

SEPULUH NOPEMBER INSTITUT OF TECHNOLOGY

SURABAYA

2017

STUDI ARUS LAUT PADA SELAT ALAS UNTUK PEMETAAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Kelautan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

LULI BANGKIT SUGITO

NRP.4311100097

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.(Pembimbing1)
2. Sujantoko, S.T., M.T.(Pembimbing 2)
3. Dr. Ir. Wahyudi Citrosiswoyo, M.Sc.(Penguji 1)
4. Dr. Ir. Hasan Ikhwani, M.Sc.(Penguji 2)
5. Agro Wisudawan, S.T., M.T.(Penguji 3)

SURABAYA, JULI 2017

STUDI ARUS LAUT PADA SELAT ALAS UNTUK PEMETAAN POTENSI PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA ARUS LAUT

Nama : Luli Bangkit Sugito
NRP : 4311100097
Jurusan : Teknik Kelautan
Pembimbing : Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.
Sujantoko, S.T., M.T.

Pada sepuluh tahun terakhir, pembangunan energi laut di Indonesia meningkat. Tidak hanya karena potensi energi nya namun juga karena kebutuhan akan energi terbarukan di Indonesia. Beberapa penelitian telah dilakukan di bidang energi kelautan, antara lain energi gelombang, angin lepas pantai, panas laut dan lain-lain. Indonesia memiliki banyak selat yang berpotensi untuk mengeksploitasi energi arus laut salah satunya adalah Selat Alas.

Berdasarkan latar belakang tersebut dan topik yang diminati oleh penulis, penulis melakukan studi ini sebagai Tugas Akhir kuliah untuk menganalisis potensi Selat Alas sebagai sumber energi arus laut dan memberikan gambaran berapa energi listrik yang dapat dihasilkan.

Pembangkit utama arus laut adalah pasang surut dan topografi bawah laut, jadi studi ini menggunakan dua variabel tersebut sebagai dasar penelitian, variabel lainnya seperti angin juga di masukkan kedalam pemodelan. Studi ini akan menghasilkan data yang dibandingkan dengan data yang ada di lapangan, baik pemodelan kecepatan arus laut dan pasang surutnya. Setelah hasilnya valid, pemetaan koordinat yang berpotensi baik sebagai sumber energi arus laut dilakukan dan energi listriknya dapat dihitung.

Studi ini bermanfaat untuk penelitian di masa yang akan datang karena memberikan gambaran besar tentang kondisi arus laut di Selat Alas dan juga memberikan peluang penelitian baru untuk pengembangan turbin arus laut.

Kata kunci: energi arus laut, turbin arus laut, selat alas

OCEAN CURRENT STUDY IN ALAS STRAIT FOR OCEAN CURRENT POWER PLANT MAPPING

Name : Luli Bangkit Sugito
NRP : 4311100097
Department : Ocean Engineering
Supervisor : Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D.
Sujantoko, S.T., M.T.

ABSTRACT

In the last ten years, ocean energy development in Indonesia was raising up. Not only because of Indonesia's potential ocean energy but also the need of renewable energy in Indonesia. Some studies had been done in search of ocean energy including ocean wave energy, ocean current energy, offshore wind energy, ocean thermal energy and so on, one of them is Alas Strait, one of the potential strait to harvest ocean current energy in eastern part of Indonesia.

Because of the topic above and field of study that the writer interested in, the writer proposed this thesis in order to examine, is Alas Strait potential for harvesting ocean current energy? And how much electricity power that can be generated from the strait?

The main generators of ocean current are topography and tides, so that the writer uses this as the base of the simulation. Additional variable such as wind can be included to the study. The writer will compare the result from field surveys with ocean current and tides simulation. After validating the result of simulation with field surveys, the potential coordinate can be located then the electricity power can be measured.

This study will be useful for the future study at Alas strait, because it gives the big pictures about the ocean current energy condition at Alas Strait. It also supports the development of the machine for the ocean current turbine.

Key words: marine current energy, marine current turbine, alas strait

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT, karena berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Studi Arus Laut pada Selat Alas untuk Pemetaan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut”** sebagai syarat kelulusan sarjana S1 Jurusan Teknik Kelautan ITS. Laporan Tugas Akhir ini berisi tentang latar belakang, dasar teori, metodologi penelitian, pembahasan, analisis hasil dan kesimpulan dari topik dan judul yang dibuat penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih jauh dari sempurna sehingga penulis mengharapkan banyak kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan laporan Tugas Akhir ini di masa yang akan datang. Penulis berharap laporan ini dapat berguna untuk penulis sendiri pada khususnya dan untuk pembaca pada umumnya.

Surabaya, 5 Juli 2017

Luli Bangkit Sugito

NRP. 4311100097

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dan berkontribusi dalam pelaksanaan tugas akhir dan pembuatan laporan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah SWT atas rahmat serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi panutan penulis dalam menjalani kehidupan sehingga penulis dapat menjalankan setiap aktivitas berlandaskan Islam.
3. Ibu penulis, Lisna Farida, yang selalu mendukung dan mendoakan penulis hingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir, ayah penulis yang memberikan dukungan finansial sehingga tugas akhir dapat terlaksana dengan lancar, serta keluarga penulis lainnya yang juga membantu dalam penyelesaian tugas akhir ini.
4. Ulama-ulama dan Ustadz-ustadz yang mendakwahkan Islam dan memperjuangkan agama Allah serta memberikan banyak ilmu kepada penulis.
5. Bapak Prof. Ir. Mukhtasor, M.Eng., Ph.D. selaku dosen pembimbing pertama tugas akhir penulis, yang telah sabar dan setia membimbing penulis dan semoga ilmu yang beliau berikan dapat bermanfaat di dunia dan akhirat.
6. Bapak Sujantoko, S.T., M.T. selaku dosen wali dan pembimbing tugas akhir penulis yang membantu penulis dalam menyelesaikan laporan tugas akhir, serta Ibu Rina, S.T., M.T. yang menjadi dosen pembimbing ketiga dari Balai Teknologi Hidrodinamika (BPPT Surabaya) yang memberikan banyak masukan untuk kemajuan tugas akhir penulis.
7. Bapak Dr. Endro Soeyanto selaku pembimbing penulis selama kerja praktek di Balai Teknologi Survei Kelautan (BPPT Jakarta) pada Juli – September 2015, data dalam tugas akhir ini menggunakan data yang telah didapat penulis sewaktu menjalani kerja praktek.
8. Keluarga penulis selama kuliah yaitu Teknik Kelautan ITS Angkatan 2011 yang selalu membantu dan mendukung teman-teman yang membutuhkan.
9. Bapak Dr. Eng. Rudi W. Prastianto, S.T., M.T. selaku ketua Jurusan Teknik Kelautan ITS, Bapak Herman Pratikno S.T., M.T., Ph.D. selaku koordinator tugas akhir yang selalu membantu suksesnya tugas akhir ini dan seluruh civitas

akademika ITS, serta semua pihak yang telah membantu penulis baik secara langsung maupun tidak langsung yang tidak bisa disebutkan satu per satu.

Surabaya, 5 Juli 2017

Luli Bangkit Sugito

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	iii
Abstrak	iv
<i>Abstract</i>	v
Kata Pengantar	vi
Ucapan Terima Kasih	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
Daftar Tabel	xii
Daftar Lampiran	xiii
Bab I Pendahuluan	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan	2
1.4 Manfaat	2
1.5 Batasan Masalah	2
Bab II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	6
2.2.1 Arus Laut	6
2.2.2 <i>Software</i> Pemodelan 2 Dimensi	11
2.2.3 Konversi Energi Arus Laut	15
2.2.4 Turbin Arus Laut Sumbu Vertikal	17

2.2.5 Wilayah Pemodelan dan Pemetaan Potensi Energi Arus Laut	18
Bab III Metodologi Penelitian	21
3.1 Metodologi Penelitian	21
3.2 Prosedur Penelitian	23
3.2.1 Studi Literatur	23
3.2.2 Pengumpulan Data	23
3.2.3 Pengolahan Data	28
3.2.4 Pemodelan	33
3.2.5 Validasi Simulasi	33
3.2.6 Pemetaan dan Perhitungan Potensi Energi Listrik	33
3.2.7 Penarikan Kesimpulan	34
BAB IV Analisis Hasil dan Pembahasan	35
4.1 Skenario Pemodelan	35
4.2 Pemodelan / Simulasi	36
4.3 Hasil Pemodelan	36
4.4 Pemetaan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut	44
4.5 Perhitungan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut	49
BAB V Penutup	53
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	53
Daftar Pustaka	55
Lampiran	
Biodata Penulis	

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Skema Pembentukan Arus Geostropik	8
Gambar 2.2 Skema Sirkulasi Termohalin Global	11
Gambar 2.3 Turbin Arus Laut Sumbu Vertikal Tipe Darrieus	17
Gambar 2.4 Wilayah Pemodelan dan Pemetaan Potensi Energi Arus Laut	19
Gambar 3.1 Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir	22
Gambar 3.2 Peta Batimetri Selat Alas	24
Gambar 3.3 Contoh <i>Input Data</i> Pasang Surut Selat Alas	25
Gambar 3.4 Diagram <i>Wind Rose</i> Data Angin di Selat Alas	26
Gambar 3.5 Koordinat Peletakan Alat ADCP	27
Gambar 3.6 Kecepatan Arus Data Observasi	27
Gambar 3.7 Pasang Surut Data Observasi	28
Gambar 3.8 Hasil Digitasi Peta Batimetri	29
Gambar 3.9 Triangulasi pada Daerah Pemodelan	30
Gambar 3.10 Interpolasi pada Daerah Pemodelan	31
Gambar 3.11 Kondisi Batas Wilayah Pemodelan	32
Gambar 3.12 Pemetaan Koordinat Arus pada Selat Alas	34
Gambar 4.1 Validasi Hasil Simulasi Pasang Surut Skenario 1	38
Gambar 4.2 Validasi Hasil Simulasi Kecepatan Arus Skenario 1	38
Gambar 4.3 Validasi Hasil Simulasi Pasang Surut Skenario 2	40
Gambar 4.4 Validasi Hasil Simulasi Kecepatan Arus Skenario 2	40
Gambar 4.5 Pemodelan Pasang Surut	43
Gambar 4.6 Pemodelan Arus Laut	43
Gambar 4.7 Koordinat Selat Alas untuk Pemetaan Potensi Energi Arus Laut	44
Gambar 4.8 Koordinat F pada Pemetaan Sumber Energi Arus Laut	48
Gambar 4.9 Koordinat F di Selat Alas yang Diambil dari <i>Google Earth</i>	49

Gambar 4.10 Kecepatan Arus pada Koordinat F	49
Gambar 4.11 Koordinat F pada Simulasi Pemodelan Arus Laut	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan Energi Arus Laut dan Sumber Energi Lain	6
Tabel 2.2 Variasi Densitas, Temperatur dan Salinitas Air Laut	10
Tabel 2.3 Koordinat-koordinat Batasan Wilayah Pemodelan	18
Tabel 2.4 Koordinat-koordinat Batasan Wilayah Pemetaan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut	19
Tabel 3.1 Data yang Digunakan pada Studi Ini	23
Tabel 4.1 Skenario Simulasi Pemodelan	35
Tabel 4.2 Perbandingan Simulasi Skenario 1 dengan Observasi	37
Tabel 4.3 Perbandingan Hasil Simulasi Skenario 2 dengan Observasi	39
Tabel 4.4 Koordinat Pemetaan Potensi Energi Arus Laut	45

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Data Elevasi Permukaan Laut dan Kecepatan Arus

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Kebutuhan akan energi sudah menjadi tantangan yang harus dijawab pada saat ini, terutama sejak minyak bumi yang menjadi penyuplai utama energi di dunia (80%) menurun produktifitasnya (Orhan, 2015). Energi terbarukan bisa menjadi solusi atas tantangan tersebut karena ramah lingkungan dan hampir tidak menyebabkan polusi. Contoh sumber energi terbarukan antara lain: matahari, angin, panas bumi, energi laut dan lain-lain.

Energi laut menjadi salah satu sumber energi terbarukan yang potensial di Indonesia, khususnya energi arus laut. Hal ini dikarenakan Indonesia memiliki banyak pulau dan selat sehingga pergerakan arus laut mengalami percepatan saat melalui selat tersebut (Erwandi, 2011).

Energi arus laut memang tidak bisa dieksploitasi terus menerus dengan kekuatan yang sama, karena pembangkit utama arus laut adalah pasang surut yang diakibatkan oleh gaya gravitasi bulan dan matahari. Kecepatan arus akan besar ketika pasang purnama dan berkurang pada pasang perbani. Sehingga sangat direkomendasikan turbin arus dapat berputar dalam kondisi kecepatan arus yang kecil, akan lebih efisien dibandingkan turbin yang hanya bisa berputar pada kecepatan arus yang cepat saja.

Menurut Fraenkel (2002), lokasi yang ideal untuk dipasang pembangkit listrik tenaga arus adalah daerah yang memiliki arus dua arah (*bidirectional*) dengan kecepatan mencapai 2 m/s, sedangkan kecepatan idealnya adalah 2.5 m/s. Untuk daerah yang memiliki arus satu arah, kecepatan minimalnya adalah 1.2 – 1.5 m/s. Kedalaman yang ideal adalah tidak kurang dari 15 meter dan tidak lebih dari 40 meter. Daerah yang akan dibangun diusahakan cukup luas sehingga dapat memuat banyak turbin, serta dekat dengan garis pantai sehingga penyaluran energinya cukup mudah. Jalur pelayaran dan penangkapan ikan juga harus dihindari karena berisiko terjadi gangguan atau kecelakaan.

Selat Alas merupakan selat yang memisahkan Pulau Lombok dengan Pulau Sumbawa, selat ini menjadi pusat transportasi antar pulau, industri dan kehidupan bagi jutaan orang disekitarnya. Selat ini menjadi potensial sebagai sumber energi arus laut karena kecepatan arusnya yang bisa mencapai 2 m/s (Blunden, 2012)

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana kondisi pasang surut dan arus laut pada Selat Alas?
2. Dimana letak koordinat pada Selat Alas yang potensial sebagai sumber energi arus laut?
3. Berapa daya listrik yang dapat dihasilkan di koordinat yang memiliki potensi arus laut yang baik?

1.3 Tujuan

Tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Untuk menganalisis kondisi pasang surut dan arus laut pada Selat Alas dalam kurun waktu tertentu.
2. Untuk memetakan lokasi di Selat Alas yang ideal sebagai sumber energi arus laut.
3. Untuk mengukur jumlah energi listrik yang dapat dihasilkan dari arus laut di Selat Alas pada koordinat dengan kecepatan arus tercepat.

1.4. Manfaat

Manfaat yang didapat dari tugas akhir ini adalah:

1. Dapat dijadikan referensi untuk pengembangan pembangkit listrik tenaga arus laut di Selat Alas atau daerah lainnya.
2. Memberikan gambaran berapa jumlah potensi energi arus laut yang dapat dieksploitasi di Selat Alas.

1.5. Batasan Masalah

Untuk memberikan parameter yang jelas, maka bahasan masalah pada tugas akhir ini dibatasi pada beberapa hal sebagai berikut:

1. Studi dilakukan perairan Selat Alas dengan batas koordinat-koordinat yang telah ditentukan.
2. Data untuk melakukan pemodelan arus laut diperoleh dari Balai Teknologi Survei Kelautan (BPPT Jakarta).
3. Studi dilakukan dalam pada waktu 9 – 29 Juni 2006 (data yang tersedia).

4. Studi potensi energi arus laut dilakukan pada sembilan koordinat yang telah ditentukan di Selat Alas dan koordinat tersebut dibandingkan untuk mendapatkan satu koordinat yang memiliki potensi terbaik sebagai sumber energi arus laut.
5. Jenis turbin arus laut yang digunakan untuk menghitung potensi energi listrik adalah turbin Darrieus tipe H yang merupakan jenis turbin *vertical axis*.
6. Luas penampang turbin adalah $2 \times 2 \text{ m}$ (4 m^2).
7. Struktur penopang turbin tidak dimasukkan dalam perhitungan.
8. Pemodelan 2 dimensi sehingga tidak meninjau kedalaman peletakan turbin arus laut.
9. Simulasi dilaksanakan dalam kurun waktu 29 hari dengan mempertimbangkan ketersediaan data. Simulasi tidak dimaksudkan untuk mendapatkan jumlah daya yang didapatkan dalam periode satu tahun, namun digunakan untuk pertimbangan pemilihan koordinat yang relatif lebih baik untuk penempatan Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (PLTAL).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Energi terbarukan sudah berkembang dengan baik, disebabkan juga cadangan minyak dan gas bumi yang semakin menipis. Energi arus laut menjadi salah satu pilihan utama untuk dikembangkan karena potensi dan ketersediannya yang melimpah (Esteban, 2011).

Potensi Laut Indonesia memiliki bahan mentah untuk sumber energi terbarukan. Tingkat teknologi saat ini diprediksi bisa mengonversi per meter panjang pantai menjadi daya listrik sebesar 20 – 35 KW, terutama di daerah timur Indonesia. Posisi dan kedalaman terbaik untuk penempatan turbin arus dapat diperoleh dari data distribusi arus dan pengukuran arus jangka panjang secara kontinu (Yuningsih dan Masduki, 2009).

Selat Alas merupakan selat yang sangat menjanjikan untuk menjadi sumber energy arus laut karena banyak faktor, antara lain perairannya dangkal, tidak menjadi jalur pelayaran utama, kecepatan arus yang tinggi dan lain-lain (Blunden, 2012). Penelitian oleh L.S Blunden dengan metode Princeton Ocean Model (POM), menunjukkan bahwa daya listrik yang dapat diperoleh pada kesuluruhan Selat Alas mencapai 330 Giga Watt Jam / Tahun pada kedalaman kurang dari 40 meter dibawah permukaan laut hingga 640 Giga Watt Jam / Tahun pada kedalaman kurang dari 80 meter dibawah permukaan laut dalam waktu satu tahun.

Metode POM sendiri adalah persamaan model tiga dimensi primitif yang bergantung pada waktu, koordinat sigma dan memiliki permukaan yang bebas. Model ini menggunakan *grid* atau jaring empat sisi untuk menentukan wilayah pemodelannya.

Penelitian lain pada Selat Alas juga menunjukkan bahwa total energi yang dapat diperoleh mencapai 329,2 Giga Watt Jam / Tahun pada kedalaman 24 – 40 meter dibawah permukaan laut dengan puncak kecepatan arus sebesar 2 m/s. Dengan skenario turbin arus laut terapung dan kedalaman antara 8 – 24 meter dari permukaan laut, total potensi energi arus laut mencapai 641,6 Giga Watt Jam / Tahun (Quirapas, 2015).

Disamping itu, energi arus laut di Indonesia dipilih penulis menjadi topik penelitian ini karena memiliki banyak keunggulan, seperti yang disebutkan pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Perbandingan Energi Arus Laut dan Sumber Energi Lain (Emily Rudkin, 2001)

Sumber	Terbarukan	Modal Kecil	Perawatan Murah	Ramah Lingkungan	Prediktif	Dampak Visual Kecil	Modular
Fosil	x	√	X	X	√	x	x
Nuklir	x	√	X	X	√	x	x
Angin	√	x	√	√	X	x	√
Matahari	√	x	√	√	X	x	√
Air	√	√	√	X	√	x	x
Gelombang	√	x	√	√	X	√	√
Arus Laut	√	x	√	√	√	√	√

2.2 Dasar Teori

2.2.1 Arus Laut

Arus laut adalah pergerakan massa air laut, banyak faktor yang menyebabkan terjadinya arus laut. Faktor utama yang menggerakkan massa air laut adalah pasang surut akibat gravitasi matahari dan bulan. Faktor lainnya antara lain gesekan angin dengan permukaan air (*wind driven current*), gaya gravitasi bumi (arus geostropik), perbedaan densitas air laut yang dipengaruhi oleh temperatur, salinitas dan tekanan (siklus termohalin), dan arus akibat gelombang laut (*longshore* dan *rip currents*) (Duxbury, 2002).

Pada tugas akhir ini penulis memberikan batasan pada variabel pembangkit arus laut yaitu hanya pasang surut dan angin, karena pada daerah studi variabel lainnya tidak memiliki banyak pengaruh dan dapat diabaikan.

a. Arus Pasang Surut

Pasang surut merupakan gerakan naik turunnya elevasi permukaan air laut secara periodik akibat adanya gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi. Ketika matahari dan bulan berada di satu garis, maka akan menarik di sisi yang sama atau berlawanan, tarikan gravitasi yang bersama-sama akan menyebabkan gelombang tinggi yang dikenal sebagai musim semi pasang. Sebaliknya, ketika matahari dan bulan berada pada posisi ortogonal, gaya gravitasinya menarik air dalam arah berbeda yang menyebabkan tonjolan untuk membatalkan satu dengan yang lain, memberikan tempat untuk pasang perbani. Kekuatan

maksimum dihasilkan pada pasang purnama dan kekuatan minimum dihasilkan pada pasang perbani (Ayoga, 2013).

Di berbagai daerah pesisir di dunia ada pola satu pasang dan satu surut setiap hari, fenomena ini disebut pasang surut tipe diurnal. Ada juga daerah yang mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari yang disebut tipe semi diurnal. Pada tipe semi diurnal ini ketinggian pasang tertinggi memiliki nilai yang hampir sama satu dengan yang lain, begitu juga ketinggian surut nya, jika suatu daerah mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dalam satu hari, namun ketinggian air pada dua kali pasang nya berbeda dan ketinggian air pada dua kali surut nya berbeda juga, maka tipe pasang surut ini disebut tipe campuran.

Ketika ketinggian air sepanjang pesisir naik atau pasang biasa disebut dengan istilah *flooding* atau arus pasang naik. Ketika ketinggian air turun atau surut biasa disebut dengan *ebbing* atau arus pasang turun (surut).

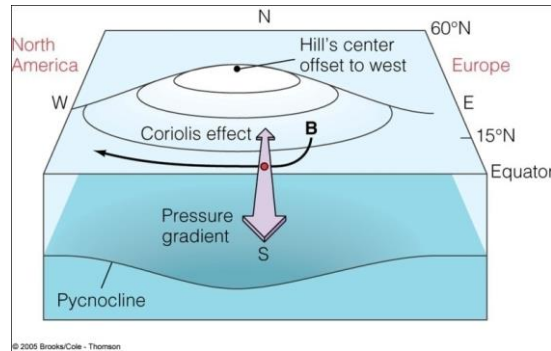
Bulan memakan waktu 29,5 hari untuk mengorbit bumi. Pada masa bulan baru, posisi bulan dan matahari berada pada satu sisi terhadap bumi, sehingga pasang menjadi lebih tinggi dari biasanya dari gaya tarik bulan dan matahari. Tinggi pasang tertinggi pada periode ini disebut *spring tides*. Dalam waktu satu minggu, posisi bulan bergeser ke bagian kanan bumi sehingga bulan memberikan gaya tarik yang tidak terlalu besar karena di sebelah kirinya matahari memberikan gaya tarik juga sehingga pasang tidak terlalu tinggi yang disebut *neap tides*. *Spring* dan *neap tides* terjadi bergantian dalam setiap minggu.

b. Arus Geostropik

Arus geostropik adalah arus laut yang gaya tekanan gradien diseimbangkan oleh gaya coriolis. Arah dari arus geostropik paralel dengan garis isobar. Gaya coriolis sendiri adalah suatu gaya inersia yang bekerja pada suatu objek yang bergerak relatif terhadap acuan yang berotasi. Arus geostropik ini terjadi pada lapisan tengah laut sehingga tidak dipengaruhi oleh gaya gesekan dasar maupun gesekan angin (Chen, 2014). Proses terbentuknya arus geostropik adalah sebagai berikut:

- Air laut bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah. Gaya yang menekan air ke daerah bertekanan rendah yaitu gaya tekanan gradien.
- Pada arus geostropik, air tidak bergerak dari tekanan tinggi ke tekanan rendah, arus ini bergerak pada garis dengan tekanan sama (isobar).

- Hal ini terjadi karena rotasi bumi, yang menghasilkan gaya yang mempengaruhi pergerakan air dari tekanan tinggi ke rendah.
- Gaya coriolis bekerja pada sudut kanan dari arus ketika gaya ini menyeimbangkan gaya tekanan gradien maka terjadilah arus geostropik.



Gambar 2.1 Skema Pembentukan Arus Geostropik (Brooks, 2005)

d. Arus Oleh Angin (*Wind Driven Current*)

Bumi ini dikelilingi oleh dua medium yaitu air dan udara. Keduanya bergerak secara konstan, digerakkan oleh energi matahari dan gravitasi bumi. Gerakan air dan udara saling berhubungan, angin memberikan energi ke permukaan laut dan hasilnya adalah arus. Arus laut membawa panas dari satu lokasi ke lokasi lain, mengubah temperatur permukaan bumi dan udara di atasnya (Stewart, 2002).

Ketika angin berhembus diatas permukaan laut, angin menggerakkan arus permukaan dalam pola yang hampir konstan. Densitas dari air laut sekitar 1000 kali lebih besar dari densitas udara dan ketika bergerak, masa dari air sangat besar sehingga momen inersia nya terus membuat air bergerak. Selebihnya arus laut berubah karena interaksi yang terjadi misalnya pasang surut, batimetri laut, pulau, densitas, salinitas dan temperatur (Sandro, 2014).

Arus pada permukaan laut akibat angin menggerakkan massa air secara langsung, tetapi karena gesekan yang rendah di dalam air, pada lapisan air yang lebih dalam, pergerakan air nya dangat kecil dari pada permukaan air. Lapisan air pada bawah permukaan di belokkan ke Belahan Bumi Utara (BBU) atau ke Belahan Bumi Selatan (BBS) terhadap arah lapisan permukaan. Hal yang sama juga terjadi pada lapisan dibawahnya lagi yang lebih dalam. Hasilnya adalah suatu spiral dimana lapisan yang lebih dalam bergerak lebih lambat dan dengan sudut defleksi yang lebih besar daripada lapisan

diatasnya. Spiral Arus ini disebut, spiral Ekman diambil dari nama fisikawan V. Walfrid Ekman yang menghitung perumusan matematis atas fenomena ini. Spiral ini membentang hingga kedalaman 100 – 150 meter, dimana arus yang sudah berkurang bergerak berlawanan dari arus permukaan.

e. Sirkulasi Oleh Densitas Air Laut

Biasa juga disebut siklus termohalin yaitu siklus lautan skala besar yang digerakkan oleh perubahan gradien densitas akibat panas permukaan laut dan aliran air tawar. Variasi dalam temperatur, salinitas dan tekanan mengendalikan densitas dari air laut. Ketika kombinasi dari ketiga variabel ini menghasilkan air yang memiliki kerapatan lebih dari pada air disekitarnya, air yang lebih rapat akan tenggelam sampai dibawah air yang kurang rapat. Pada tabel 2.2 dapat disimpulkan bahwa air dengan salinitas tinggi dan temperatur hangat dapat memiliki densitas yang sama dengan air dengan salinitas rendah dan temperatur dingin.

Banyak tempat di lautan memiliki lapisan permukaan yang tercampur dengan baik kurang lebih hingga kedalaman 100 m. Pada lapisan ini, peningkatan tekanan akibat kedalaman densitas bertambah sangat sedikit. Dibawah lapisan permukaan ini densitas berubah pada kedalaman 100 hingga 1000 m karena temperatur juga berubah, juga pada lapisan ini salinitas dapat meningkat, menurun atau tetap sama, salinitas memiliki pengaruh yang kecil pada densitas di kedalaman ini. Dibawah 1000 m, temperatur dan salinitas berubah perlahan dengan kedalaman dan densitas bertambah sedikit ke dasar laut karena tekanan yang bertambah.

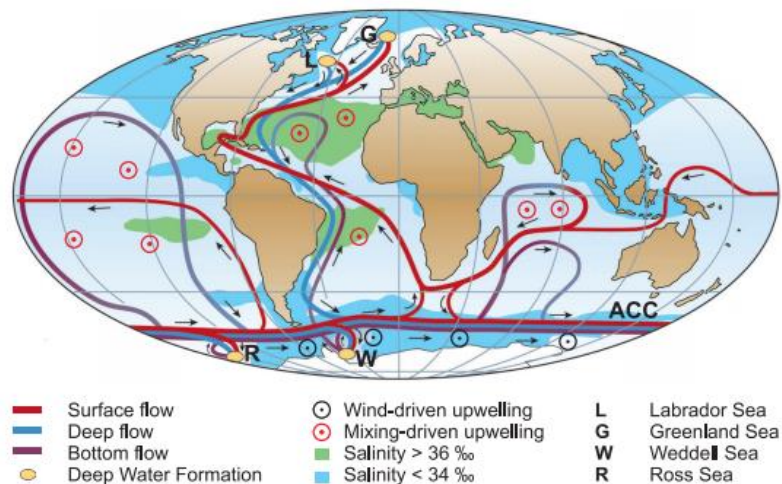
Pada permukaan lautan, denistas dikendalikan oleh pemanasan matahari dan pola penguapan. Variasi pada densitas permukaan mengendalikan pergerakan vertikal dari air. Permukaan air hangat dengan salinitas rendah pada ekuator memiliki densitas yang lebih kecil dibandingkan pada lintang utara 30° dan lintang selatan 30° yang sedikit lebih dingin dan memiliki salinitas lebih tinggi karena evaporasi dan curah hujan yang sedikit. Oleh karena itu permukaan air pada lintang 30° lebih rapat daripada pada ekuator dan tenggelam dibawah perairan ekuator. Pada lautan secara umum, satu kilogram air laut terdiri atas 965 gram air dan 35 gram garam. Salinitas permukaan laut berhubungan dengan garis lintang (Hasan, 2011).

Tabel 2.2 Variasi Densitas, Temperatur dan Salinitas Air Laut (Duxbury, 2002)

Temperatur (°C)	Garam 0 g	Garam 20 g/kg	Garam 25 g/kg	Garam 30 g/kg
-1	Es 0,917	1,01606	1,02010	1,02413
0	0,99984	1,01607	1,02008	1,02410
1	0,99990	1,01605	1,02005	1,02406
3	0,99996	1,01598	1,01995	1,02393
5	0,99996	1,01586	1,01980	1,02374
10	0,99970	1,01532	1,01920	1,02308
20	0,99820	1,01342	1,01720	1,02098
30	0,99565	1,01057	1,01428	1,01801

Tabel 2.2 menjelaskan bahwa dengan variasi temperatur dari -1 hingga 30 °C dan variasi kandungan garam terlarut dalam air dari 0 gram garam per kilo gram air hingga 30 gram garam per kilo gram air, perubahan densitas air laut sangatlah kecil. Perubahan densitasnya hanya berkisar dari 0,1 – 0,01, walaupun dengan perbedaan temperatur dan salinitas yang signifikan.

Dapat disimpulkan pada studi ini bahwa variabel temperatur, densitas dan salinitas ini diabaikan karena pengaruhnya yang sangat kecil terhadap pergerakan karus karena hanya sekitar 0,1 m/s, dengan periode sekitar 1000 tahun. Gambar 2.2 menunjukkan sirkulasi termohaline yang skalanya hingga seluruh dunia. Digambarkan pula, eilayah Indonesia yang memiliki salinitas kurang dari 34 ppm serta tidak terpengaruh banyak *upwelling* (Petrescu, 2010).



Gambar 2.2 Skema Sirkulasi Termohalin Global (Rahmstorf, 2006)

2.2.2 Software Pemodelan Arus Laut 2 Dimensi

Penelitian ini menggunakan perangkat lunak yang paling serba guna untuk pemodelan wilayah perairan, khususnya untuk simulasi fisika, kimia dan biologi pada wilayah pesisir atau laut dalam dua dimensi. Dalam perangkat lunak ini dibutuhkan minimal data batimetri dan pasang surut untuk melakukan pemodelan, variabel lainnya dapat digunakan atau tidak (DHI, 2015).

Simulasi pada pemodelan ini membutuhkan *tools time series*, *mesh generator*, *flow model FM*, dan *data extraction FM*. Fitur-fitur tersebut berguna untuk mengolah data awal yang berupa data pasut dan data batimetri serta untuk menjalankan simulasi dan mengambil hasil simulasi. Masih banyak fitur lain yang bisa digunakan namun untuk simulasi arus sederhana, namun fitur-fitur yang telah disebutkan diatas sudah cukup.

a. Persamaan Perairan Dangkal

Deskripsi dari aliran dan persamaan model transpor, diskretisasi numeris, serta metode penyelesaian dijelaskan pada bagian ini. Model aliran yang penulis gunakan berdasarkan pendekatan *mesh* yang fleksibel dan model ini telah dikembangkan untuk lingkungan laut, pantai dan estuari (Zwieten, 2005). Sistem ini berdasarkan solusi numeris dua atau tiga dimensi dari rata-rata *incompressible* Reynolds persamaan Navier – Stokes dengan asumsi dari Boussinesq dan tekanan hidrostatik. Jadi, model ini terdiri dari persamaan kontinuitas, momentum yang ditutup oleh skema turbulen.

Diskretisasi spasial dari persamaan primitif dilakukan dengan metode *cell centred finite volume*. Domain spasial didiskretisasi oleh subdivisi dari continuum menjadi sel / elemen *non overlap*. Dalam model 2D sel atau elemennya berupa segitiga, sehingga tidak bisa menghitung kedalaman peletakan turbin arus laut karena merupakan kecepatan arus rata-rata dari dasar hingga permukaan laut (Yulianto, 2005).

Persamaan kontinuitas lokal dituliskan sebagai:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = S \quad (2.1)$$

Persamaan momentum dua horizontal untuk komponen x dan y yaitu:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + \frac{\partial u^2}{\partial x} + \frac{\partial vu}{\partial y} + \frac{\partial wu}{\partial z} = f v - g \frac{\partial n}{\partial x} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial x} \\ - \frac{g}{\rho_0} \int_z^n \frac{\partial \rho}{\partial x} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{xy}}{\partial y} \right) + F_u + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial u}{\partial z} \right) + u_s S \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial v^2}{\partial y} + \frac{\partial uv}{\partial x} + \frac{\partial wv}{\partial z} = f v - g \frac{\partial n}{\partial y} - \frac{1}{\rho_0} \frac{\partial p_a}{\partial y} \\ - \frac{g}{\rho_0} \int_z^n \frac{\partial \rho}{\partial y} dz - \frac{1}{\rho_0 h} \left(\frac{\partial s_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial s_{yy}}{\partial y} \right) + F_v + \frac{\partial}{\partial z} \left(v_t \frac{\partial v}{\partial z} \right) + v_s S \end{aligned} \quad (2.3)$$

Dimana,

t = waktu (s)

x, y, dan z = koordinat kartesian (tanpa satuan)

n = elevasi permukaan (m)

d = kedalaman air (m)

h = n + d (kedalaman air total) (m)

u, v, dan w = komponen kecepatan pada arah x, y, dan z (m/s)

f = 2Ω sin Φ = parameter coriolis

Ω = revolusi angular rata-rata (m/s)

Φ = garis lintang (tanpa satuan)

g = percepatan gravitasi (m/s²)

ρ = densitas air (g/cm³)

s_{xx}, s_{xy}, s_{yx}, s_{yy} = komponen dari tegangan tensor (tanpa satuan)

v_t = turbulen vertikal (eddy viscosity) (tanpa satuan)

p_a = tekanan atmosfer (Pa)

ρ_o = referensi densitas air (tanpa satuan)

S = besar energi yang dilepaskan (N)

u_s, u_v = kecepatan dimana air dilepaskan ke laut lepas (m/s)

b. Wind Driven Current

Arus laut akibat angin di permukaan air pada daerah yang tidak tertutup es, tegangan permukaan nya yaitu, $\vec{\tau}_s = (\tau_{xx}, \tau_{yy})$, ditentukan oleh angin diatas permukaan air.

$$\vec{\tau}_s = \rho_a c_d |u_w| \vec{u}_w \quad (2.4)$$

Dimana,

$\vec{\tau}_s$ = tegangan permukaan (N/m²)

ρ = densitas udara (g/cm³)

c_d = koefisien gesek udara (tanpa satuan)

$\vec{u}_w = u_w, v_w$ = kecepatan angin 10 m diatas permukaan air (m/s)

c. Tegangan Dasar Laut

Tegangan dasar laut memiliki peran yang cukup penting dalam pemodelan penelitian ini. Tegangan dasar, $\vec{\tau}_b = (\tau_{bx}, \tau_{by})$, ditentukan oleh hukum friksi kuadrat.

$$\frac{\vec{\tau}_b}{\rho_0} = c_f \vec{u}_b |\vec{u}_b| \quad (2.5)$$

Dimana,

c_f = koefisien gesek (tanpa satuan)

$\vec{u}_b = u_b, v_b$ = kecepatan aliran diatas dasar laut (m/s)

Kecepatan gesek yang berhubungan dengan tegangan dasar yaitu:

$$U_{\tau b} = \sqrt{c_f |u_b|^2} \quad (2.6)$$

Untuk perhitungan dua dimensi, \vec{u}_b adalah kecepatan per rata-rata kedalaman dan koefisien gesek dapat ditentukan dari Chezy Number (C), atau Manning Number (M).

$$c_f = \frac{g}{C^2} \quad (2.7)$$

$$c_f = \frac{g}{(Mh^{1/6})^2} \quad (2.8)$$

Hubungan antara angka Manning (M) dan gesekan dasar laut (ks) dapat diestimasi dengan

$$M = \frac{25,4}{ks^{\frac{1}{6}}} \quad (2.9)$$

Juga dicatat bahwa angka Manning yang digunakan belum tentu sama dengan sumber lain. Jika variasi relatif dari kedalaman air masih bisa dipertimbangkan, manning harus ditentukan, nilainya antara 20-40 m^{1/3}/s biasa digunakan.

d. Model Turbulen

Dekomposisi dari variabel prognostik menjadi rata-rata kuantitas dan fluktuasi turbulen, berujung pada tegangan tambahan dalam persamaan untuk memperhitungkan proses yang tidak terselesaikan dalam ruang dan waktu. Dengan mengadopsi konsep *eddy viscosity* efek-efek ini diekspresikan melalui *eddy viscosity* dan gradien dari kuantitas rata-rata. Jadi tegangan geser efektif dalam persamaan momentum mengandung tegangan laminar dan tegangan reynold (turbulen).

Pada banyak aplikasi *eddy viscosity* konstan dapat digunakan untuk kondisi tegangan horizontal. Transpor skala *sub-grid* dapat diekspresikan oleh eddy viscosity relatif terhadap karakteristik skala panjang. Persamaan nya yaitu:

$$A = c_s^2 l^2 \sqrt{2S_{ij}S_{ij}} \quad (2.10)$$

Dimana c_s konstan, dan l adalah karakteristik panjang dan laju deformasi sebagai berikut:

$$S_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) (i, j = 1, 2) \quad (2.11)$$

Dimana,

$A = \text{eddy viscosity}$ (tanpa satuan)

$S = \text{laju deformasi}$ (tanpa satuan)

2.2.3 Konversi Energi Arus Laut

Energi arus laut harus dikonversi untuk bisa menghasilkan daya listrik, konversi ini membutuhkan turbin yang berputar akibat arus laut untuk membangkitkan generator. Tujuannya adalah mengubah energi kinetik arus laut untuk menggerakkan turbin yang selanjutnya dikonversi lagi menjadi energi listrik. Prinsip kerja turbin arus laut mirip dengan turbin angin, namun karena densitas air laut mencapai 850 kali lebih besar dari udara, maka turbin arus laut menjadi jauh lebih kecil (Quirapas, 2014).

Besaran energi kinetik dari massa air (m) adalah kapasitas untuk melakukan pekerjaan berdasarkan kecepatannya (v) dirumuskan sebagai berikut:

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 \quad (2.12)$$

Dimana,

$E_k = \text{energi kinetik (joule)}$

$m = \text{massa (kilogram)}$

$v = \text{kecepatan aliran air (m/s)}$

Prinsip laju alir volumetrik air (m^3/s) dapat juga digunakan dalam perhitungan ini. Laju alir volumetrik adalah volume fluida yang mengalir per satuan waktu, dirumuskan sebagai berikut

$$Q = v A \quad (2.13)$$

Dimana,

Q = laju alir volumetrik air (m^3/s)

v = kecepatan aliran air (m/s) dan A = luas area penampang (m^2)

Persamaan massa jenis air juga dapat digunakan dalam perhitungan konversi energi ini, massa jenis air diperoleh dengan membandingkan massa zat dengan volume zat, dirumuskan sebagai berikut:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (2.14)$$

$$m = \rho V \quad (2.15)$$

Dimana,

ρ = massa jenis (kg/m^3)

m = massa (kg)

V = Volume (m^3)

Aliran air laut yang bergerak melalui turbin memiliki massa sebesar m dan kecepatan sebesar v , yang melalui suatu penampang (turbin) dengan luas area A , maka dirumuskan sebagai berikut:

$$m = \rho v A \quad (2.16)$$

Energi arus laut yang dihasilkan dari aliran air yang melalui turbin dengan luas penampang A , dengan arah tegak lurus permukaan dapat dirumuskan dengan persamaan 2.12 dan substitusi persamaan 2.17 berikut:

$$E_k = \frac{1}{2} \rho v A v^2 \quad (2.17)$$

$$E_k = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Energi kinetik yang dihasilkan oleh arus laut telah diketahui, selanjutnya adalah menghitung besar daya listrik yang dapat diperoleh, dirumuskan sebagai berikut

$$P_T = \frac{1}{2} \rho A v^3 \eta_T \quad (2.18)$$

Dimana,

P_T = daya listrik (watt)

η_T = efisiensi turbin / *betz factor* (0,593)

v = kecepatan arus (m/s)

A = luas penampang turbin (m^2)

Konversi energi arus laut menjadi listrik tidak akan sempurna 100%, akan ada energi yang terbuang atau berubah ke bentuk lain selain listrik, misalnya menjadi energi panas karena gesekan mesin dan lain sebagainya. Oleh karena itu efisiensi turbin menjadi koefisien yang harus diperhitungkan dalam konversi energi arus laut menjadi listrik (Mukhtasor, 2014).

2.2.4 Turbin Arus Laut Sumbu Vertikal

Turbin arus laut sumbu vertikal (*vertical axis*) merupakan jenis turbin arus laut yang paling umum ditemukan (Andrianto, 2009). Turbin ini dipasang tegak lurus dari arah arus laut. Umumnya memiliki 2-3 baling-baling (*blades*) yang terpasang disepanjang poros vertikal sehingga membentuk rotor. Gerakan kinetik arus air menyebabkan gerakan yang naik pada baling-baling sehingga menggerakkan generator pembangkit listrik. Turbin sumbu vertikal cocok dengan wilayah dengan aliran fluida dari segala arah.



Gambar 2.3 Turbin Arus Laut Sumbu Vertikal Tipe Darrieus (Rivantoro, 2015)

Turbin Darrieus tipe H menjadi turbin yang digunakan untuk menghitung potensi energi arus laut pada studi ini, karena menurut Khan (2009) turbin sumbu vertikal tipe darrieus ini memiliki banyak keunggulan antara lain:

- Luas penampang yang lebih luas dari turbin sumbu horizontal, sehingga daya yang dihasilkan bisa lebih besar.

- Desain sederhana sehingga tidak memerlukan sumber daya dan teknologi yang mahal.
- Tidak memerlukan menara yang berat dan kokoh sebagai penyangga atau anjungannya.
- Tidak memerlukan *gear yaw* karena turbin bisa berputar dari arah arus manapun, *gear yaw* adalah alat untuk memastikan arah turbin menghadap arah arus.

Spesifikasi turbin yang digunakan yaitu memiliki diameter 2 meter dan panjang 2 meter sehingga memiliki luas penampang 4 m^2 , dapat berputar dengan kecepatan arus dibawah 1 m/s dan kecepatan arus idealnya 2 m/s. Pada kecepatan 2 m/s kapasitas listriknya bisa mencapai 1,5 kW (Erwandi, 2011).

2.2.5 Wilayah Pemodelan dan Pemetaan Potensi Energi Arus Laut di Selat Alas

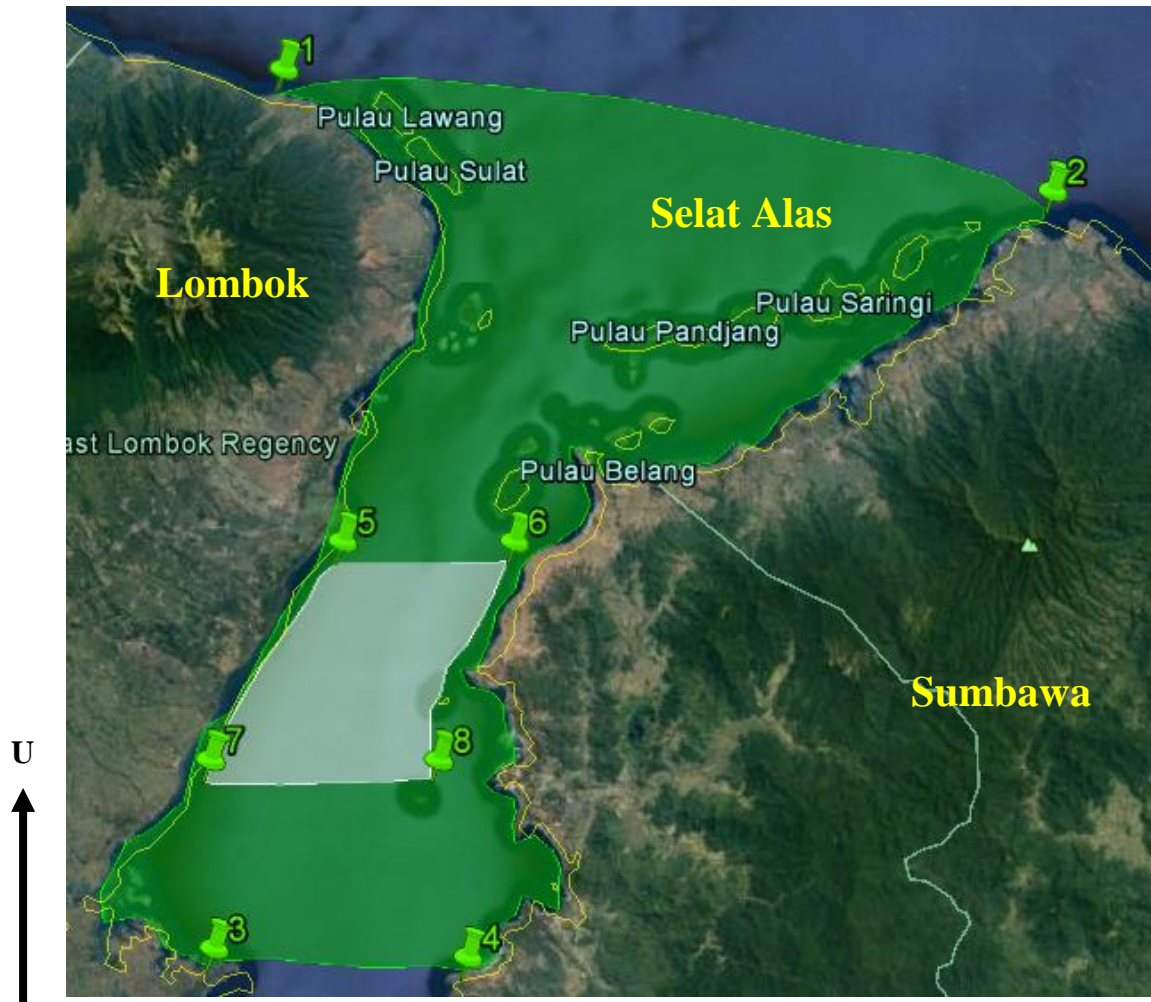
Pada studi ini wilayah pemodelan di Selat Alas yang memisahkan pulau Sumbawa di sebelah Timur dan Pulau Lombok di sebelah Barat. Selat Alas dipilih menjadi lokasi studi karena sudah banyak penelitian yang membuktikan prospek di Selat Alas bagus untuk sumber energi terbarukan. Secara umum selat ini memiliki kedalaman yang dangkal, kecepatan arus yang kuat dan jauh dari pelabuhan besar (Blunden, 2012).

Pada studi ini diberi batasan dengan 4 koordinat, wilayah diluar empat koordinat tersebut tidak termasuk wilayah studi. Empat batas ini menggunakan sistem koordinat UTM (*Universal Transverse Mercator*) pada tabel 2.3.

Tabel 2.3 Koordinat-koordinat Batasan Wilayah Pemodelan

Nama Koordinat	Koordinat X	Koordinat Y
1	458119	9084817
2	515006	9075852
3	452952	9020167
4	471756	9019536

Gambar 2.4 adalah suatu citra satelit yang diperoleh melalui *Google Earth*, wilayah dengan warna hijau adalah wilayah yang menjadi wilayah pemodelan, batasan wilayah ditandai dengan empat nomor, yaitu nomor 1 hingga 4 berdasarkan koordinat dari tabel 2.3.



Gambar 2.4 Wilayah Pemodelan dan Pemetaan Potensi Energi Arus Laut

Sedangkan wilayah pemetaan potensi pembangkit listrik tenaga arus laut berbeda dengan wilayah pemodelan, tidak seluruh wilayah pemodelan dipetakan potensi energi arus lautnya (Hammar, 2012). Pada studi ini wilayah pemetaan potensi energi arus laut lebih kecil dari wilayah pemodelan, dijelaskan dalam tabel 2.4.

Tabel 2.4 Koordinat-koordinat Batasan Wilayah Pemetaan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut

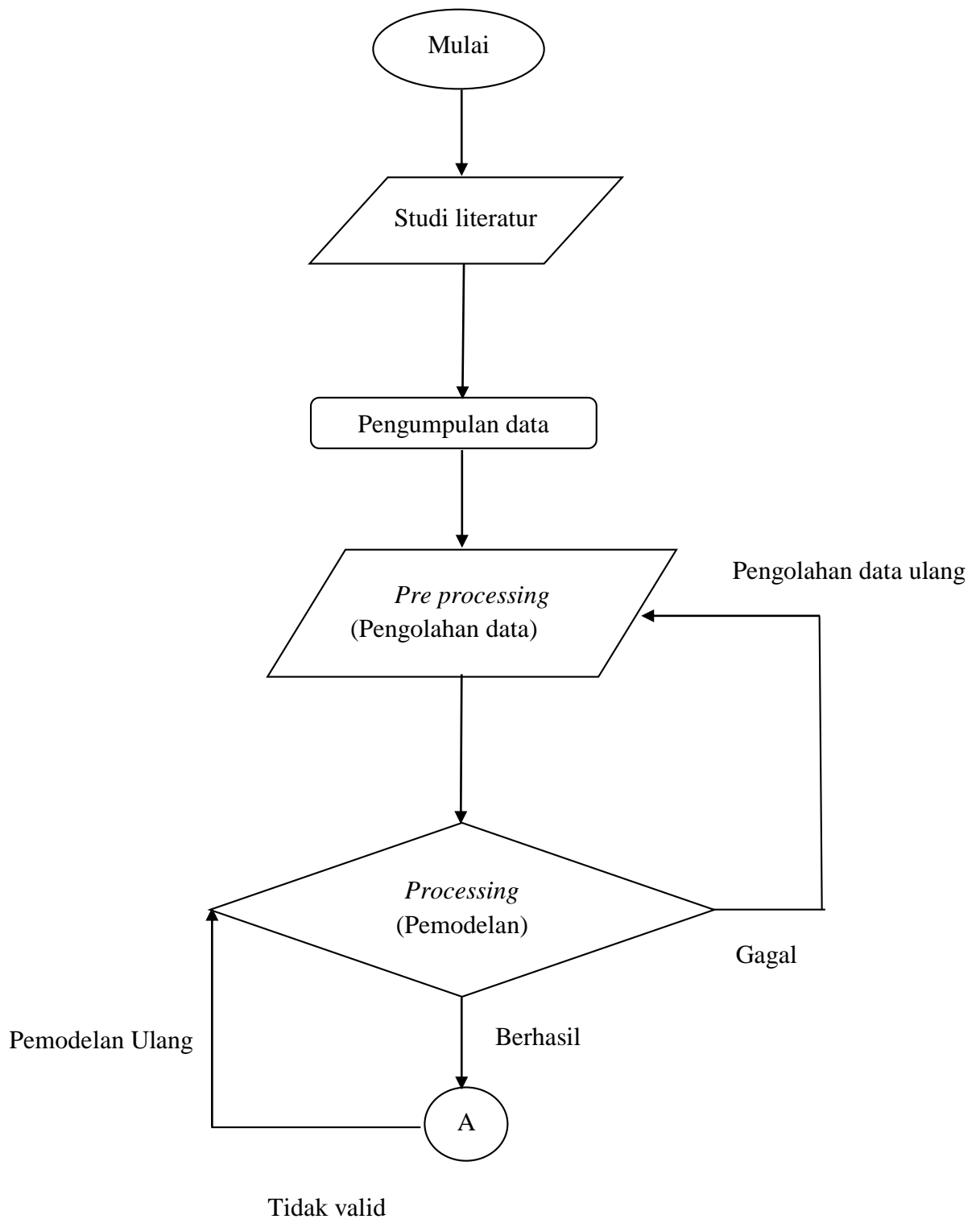
Nama Koordinat	Koordinat X	Koordinat Y
5	462493	9050081
6	475196	9050081
7	452699	9034026
8	469597	9034026

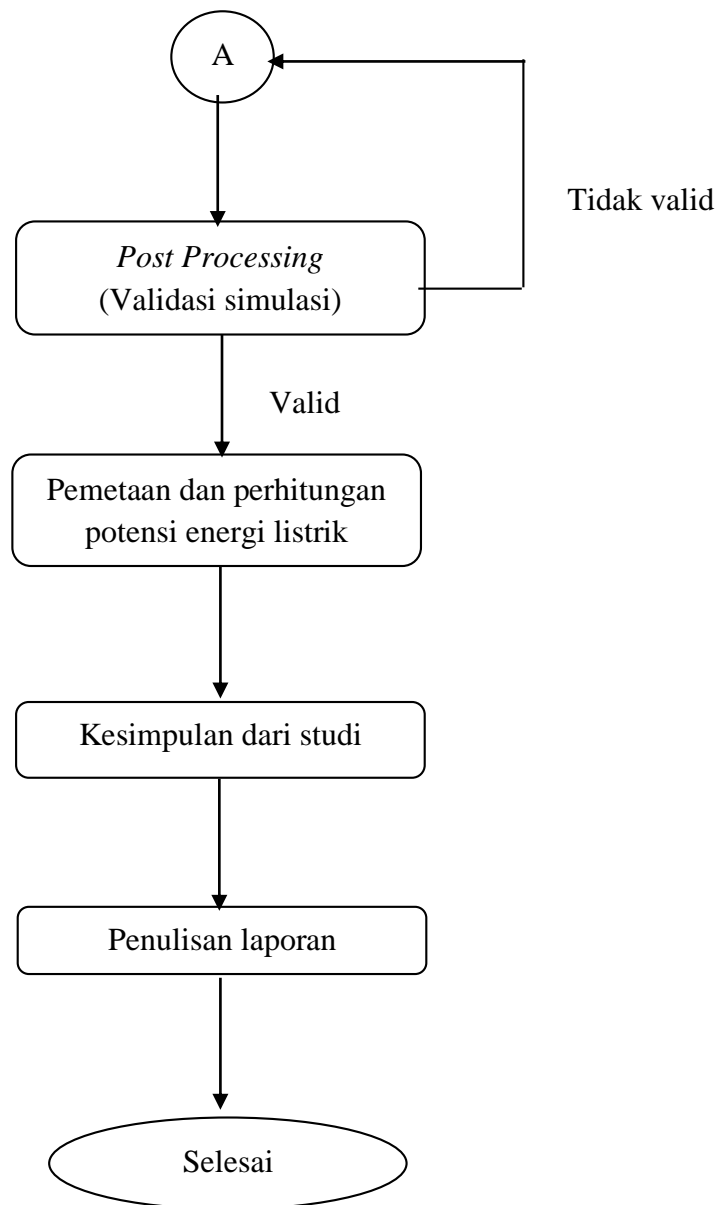
Gambar 2.4 merupakan gambar satelit yang diperoleh melalui *Google Earth*, wilayah dengan warna putih adalah wilayah yang menjadi wilayah pemetaan potensi energi arus laut, batasan wilayah ditandai dengan empat nomor, yaitu nomor 5 hingga 8 berdasarkan koordinat dari tabel 2.4.

Wilayah warna putih pada gambar 2.4 menjadi batas wilayah pemetaan potensi energi arus laut, karena wilayahnya menyempit, tidak banyak sedimentasi dan tidak banyak terhalang pulau. Wilayah perairan yang menyempit juga berkontribusi pada kecepatan arus, karena penyempitan wilayah perairan, kemungkinan juga kecepatan arus akan bertambah dibandingkan dengan wilayah perairan yang luas (Bowditch, 1995).

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alur Pengerjaan Tugas Akhir

3.2 Prosedur Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan dengan mempelajari berbagai bahan acuan seperti jurnal internasional, buku dan referensi lain seperti tugas akhir, disertasi dan tesis terdahulu dalam memahami dan menganalisa permasalahan dalam penelitian ini.

3.2.2 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan adalah data sekunder untuk melakukan pemodelan yaitu data batimetri, data pasang surut, data angin, dan data primer berupa data observasi lapangan untuk validasi hasil pemodelan. Data sekunder adalah data yang telah diolah oleh suatu lembaga atau perusahaan resmi yang bisa dipertanggungjawabkan kebenarannya. Dalam penelitian ini penulis melakukan pengumpulan data dari Balai Teknologi Survei Kelautan (BPPT) Jakarta, data tersebut diperoleh dengan survei langsung ke lapangan pada tahun 2006.

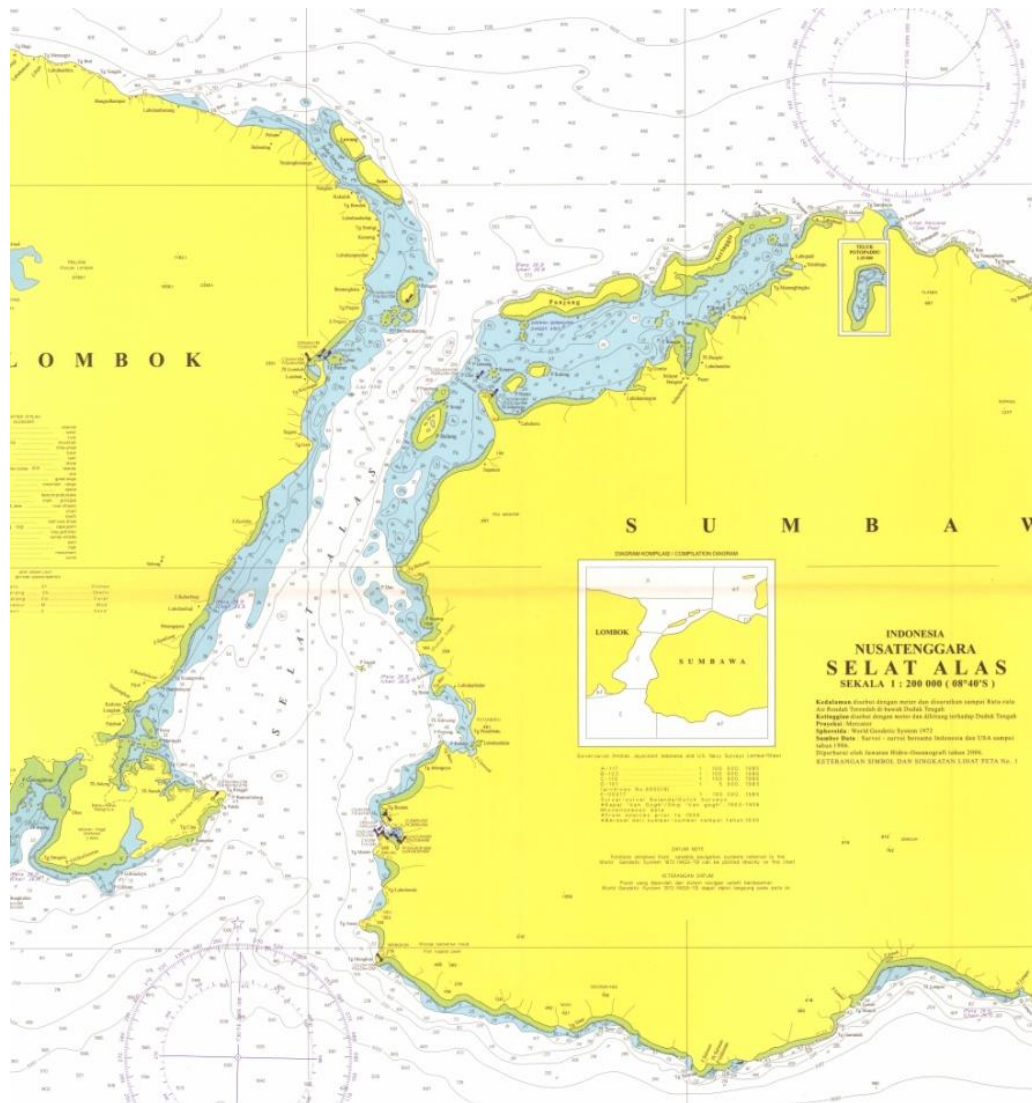
Tabel 3.1 Data yang Digunakan pada Studi Ini

Data	Jenis Data	Waktu	Sumber Data
Peta Batimetri Selat Alas	Sekunder	Tahun 2006	Dishidros
Pasang Surut	Sekunder	1 – 30 Juni 2006	BPPT
Angin	Sekunder	1 – 30 Juni 2006	BMKG
Validasi	Primer	9 – 30 Juni 2006	BPPT

a. Data Batimetri

Data batimetri dibutuhkan untuk membuat wilayah dan batas pada pemodelan, data ini berupa koordinat x, y, dan z. X adalah sumbu x pada sistem koordinat UTM atau lintang (latitude) pada koordinat bujur lintang, sedangkan y adalah sumbu y pada sistem koordinat UTM atau bujur (longitude) pada sistem koordinat bujur lintang, dan z adalah kedalaman perairan pada koordinat tersebut.

Data batimetri ini diperoleh dengan melakukan digitasi pada peta batimetri. Digitasi adalah mengkonversi peta konvensional menjadi angka-angka digital sehingga dapat digunakan dalam aplikasi ini. Digitasi dapat dilakukan dengan menggunakan aplikasi Autocad Map atau Arc Gis. Data batimetri ini selanjutnya diinterpolasi sehingga kedalamannya diketahui secara menyeluruh tidak hanya berupa titik-titik koordinat.

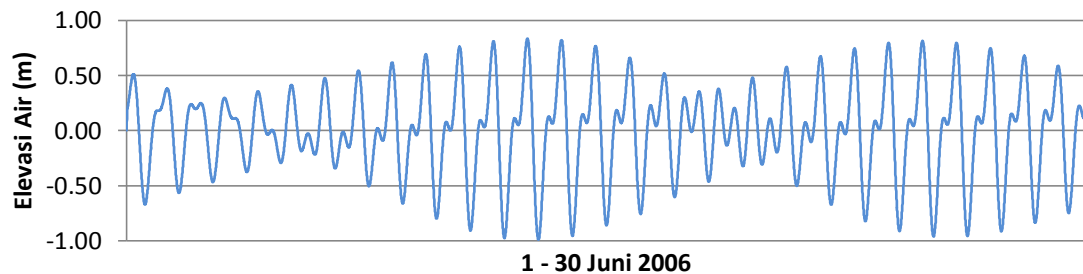


Gambar 3.2 Peta Batimetri Selat Alas (Dishidros, 2006)

Gambar diatas merupakan peta batimetri digital dengan format Jpeg yang digunakan penulis untuk mendapatkan nilai kedalaman perairan dan batas daratan pada pemodelan. Angka- angka tersebut adalah sumbu Z yang berupa kedalaman perairan. Dengan menggunakan Autocad Map setiap koordinat dalam peta dapat diketahui nilainya.

b. Data Pasang Surut

Faktor utama yang menyebabkan adanya arus laut adalah pasang surut laut, sehingga data ini sangat penting. Semakin banyak data pasutnya semakin baik hasil simulasi nya nanti. Data ini berupa elevasi permukaan air laut terhadap dasar laut setiap satuan waktu pada koordinat tertentu. Pada contoh dibawah ini saat elevasi bernilai dibawah nol artinya elevasi berada di bawah rata-rata air (MSL) atau sedang surut.



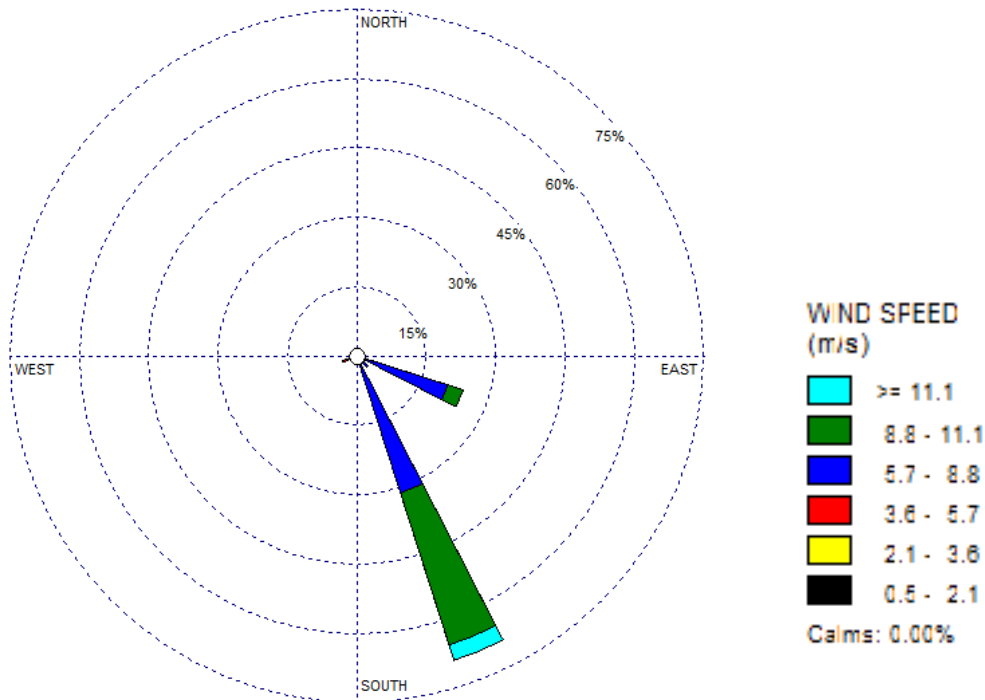
Gambar 3.3 Contoh *Input Data* Pasang Surut Selat Alas

Berdasarkan jenisnya, tipe pasang surut yang terjadi pada studi ini adalah tipe pasang surut campuran karena mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dalam waktu dua puluh empat dan serta memiliki elevasi yang berbeda untuk setiap pasang dan surutnya. Pada studi ini terdapat 17 data pasang surut yang digunakan, 10 data pasang surut berada pada batas wilayah Utara pemodelan dan 7 data pasang surut berada pada batas Selatan wilayah pemodelan. Diatas merupakan salah satu data pasang surut pada batas Utara pemodelan dengan elevasi tertinggi yaitu 1,09 meter dan elevasi terendah yaitu -1,20 meter (dibawah rata-rata permukaan air).

Seperti yang telah disebutkan sebelumnya, data pasang surut ini diperoleh dari Balai Teknologi Survei Kelautan (BPPT Jakarta) dengan menggunakan *tide model generator* (TMD). TMD dapat menghasilkan data pasang surut di seluruh dunia dengan koordinat dan waktu yang kita inginkan. Pada studi ini, penulis menyesuaikan dengan waktu yang tersedia pada validasi yaitu pada bulan Juni 2006.

c. Data Angin

Data angin merupakan data arah dan kecepatan angin yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika Selaparang, Mataram. Data angin ini digunakan untuk memenuhi variable *wind driven current* yang juga digunakan dalam simulasi ini.



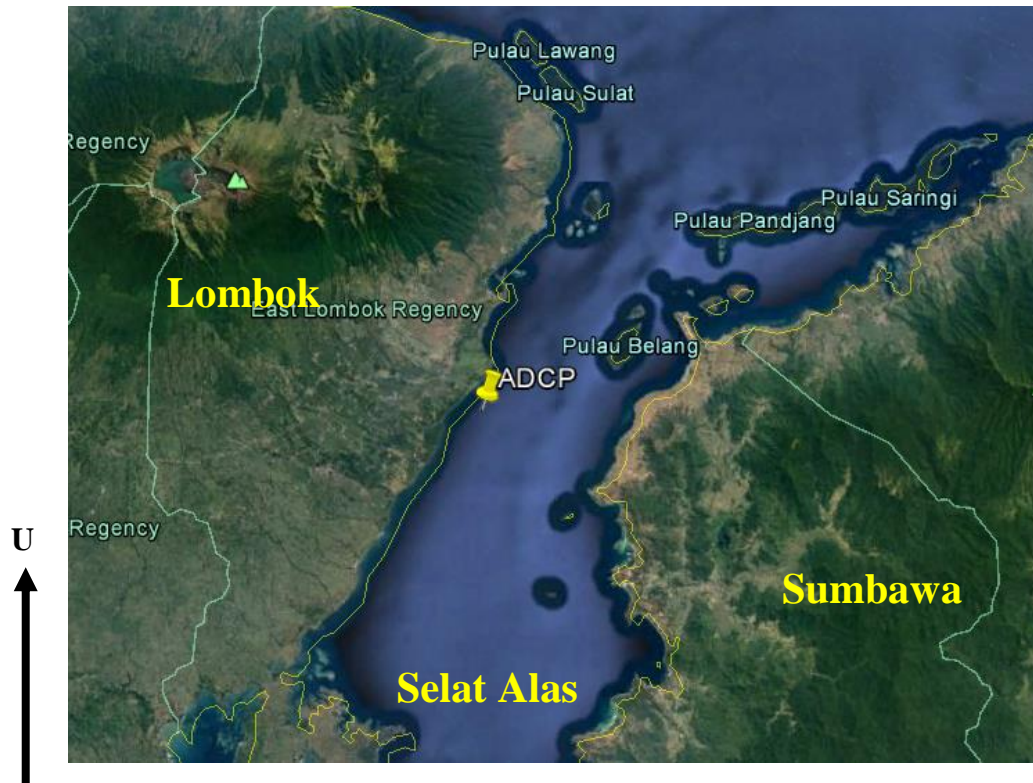
Gambar 3.4 Diagram *Wind Rose* dari Data Angin di Selat Alas

Gambar 3.4 merupakan diagram mawar angin dari data angin yang tersedia. Gambar 3.4 menjelaskan bahwa kecepatan angin berhembus yang dominan mulai dari 6,7 – 11,1 m/s dari arah Selatan atau biasa disebut angin muson Timur yang mengakibatkan musim kemarau pada wilayah Indonesia.

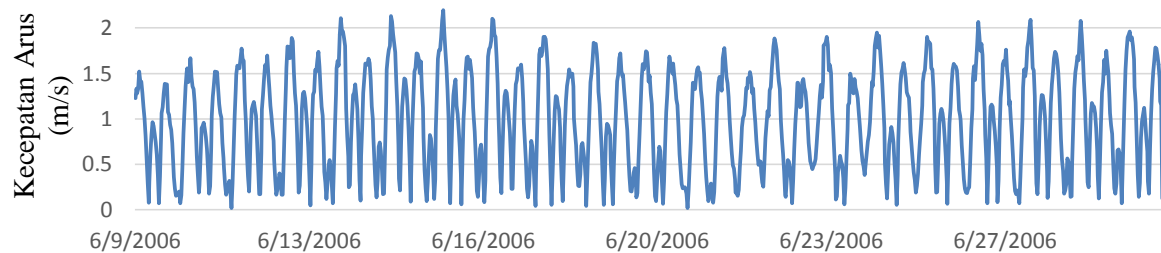
d. Data Observasi Lapangan (Validasi)

Data observasi lapangan adalah data yang diperoleh dari survei langsung sebagai perbandingan dengan hasil simulasi. Pada tugas akhir ini penulis menggunakan data validasi dari Balai Teknologi Survei Kelautan (BPPT Jakarta) yang diperoleh dari survei menggunakan ADCP di Selat Alas. Durasi data ini mulai dari 9 Juni – 30 Juni 2006, data validasi berupa data pasang surut dan kecepatan arus laut pada koordinat UTM x: 462302.2 dan y: 9049627, dengan kedalaman -16 meter dari rata-rata permukaan air laut.

Kecepatan arus pada alat ini dibagi menjadi tiga yaitu arus permukaan, arus tengah dan arus dasar laut, dari ketiga bagian ini di ambil rata-rata kecepatannya.

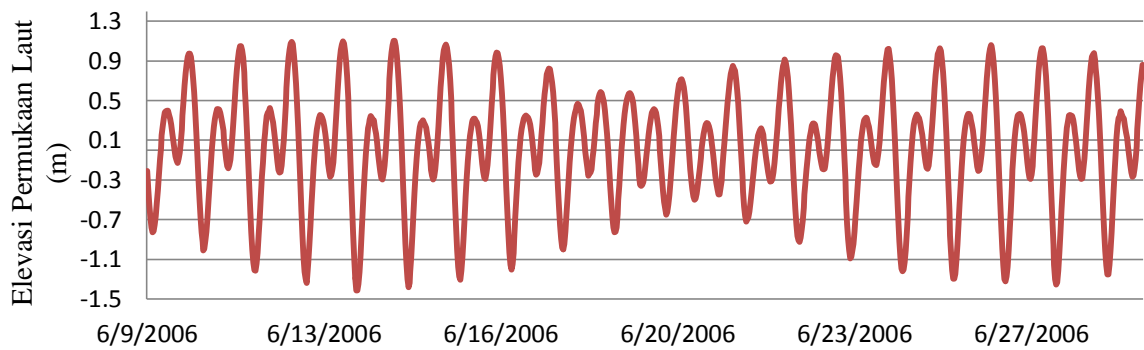


Gambar 3.5 Koordinat Peletakan Alat ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*)



Gambar 3.6 Kecepatan Arus Data Observasi

Gambar 3.6 merupakan grafik kecepatan arus laut yang diperoleh dengan melakukan survei langsung ke lapangan (selat Alas). Pada sumbu x merupakan durasi data yaitu dari 9 Juni hingga 30 Juni 2006, dan sumbu y merupakan kecepatan arus dengan kecepatan maksimal 2,19 m/s dan kecepatan minimal 0,01 m/s. Kecepatan arus pada data ini merupakan rata-rata kecepatan arus permukaan, tengah dan dasar laut.



Gambar 3.7 Pasang Surut Data Observasi

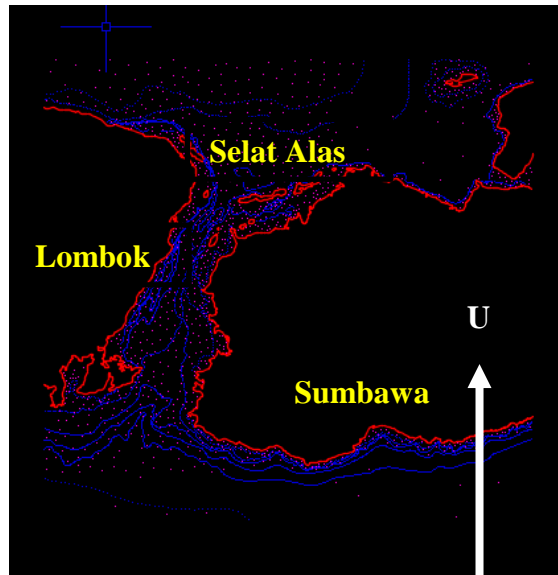
Gambar 3.7 merupakan elevasi permukaan laut yang di peroleh langsung dari survei di lapangan. Data tersebut menjadi data validasi terhadap data pasang surut hasil pemodelan. Pada sumbu x merupakan durasi data yaitu dari 9 Juni hingga 28 Juni 2006, sedangkan sumbu Y adalah elevasi permukaan air laut dengan elevasi tertinggi 1,10 m diatas MSL dan elevasi terendah 1,41 m dibawah MSL.

3.2.3 Pengolahan Data (*Pre Processing*)

Setelah data terkumpul data tersebut harus diolah terlebih dahulu sesuai dengan kriteria perangkat lunak yang digunakan. Pengolahan data meliputi data batimetri, pasang surut, dan angin. Pengolahan data dilakukan menggunakan metode komputasi, yaitu menggunakan bantuan perangkat lunak / *software* pemodelan oseanografi, Autocad Map, Microsoft Excel dan lain-lain.

a. Pengolahan Data Batimetri

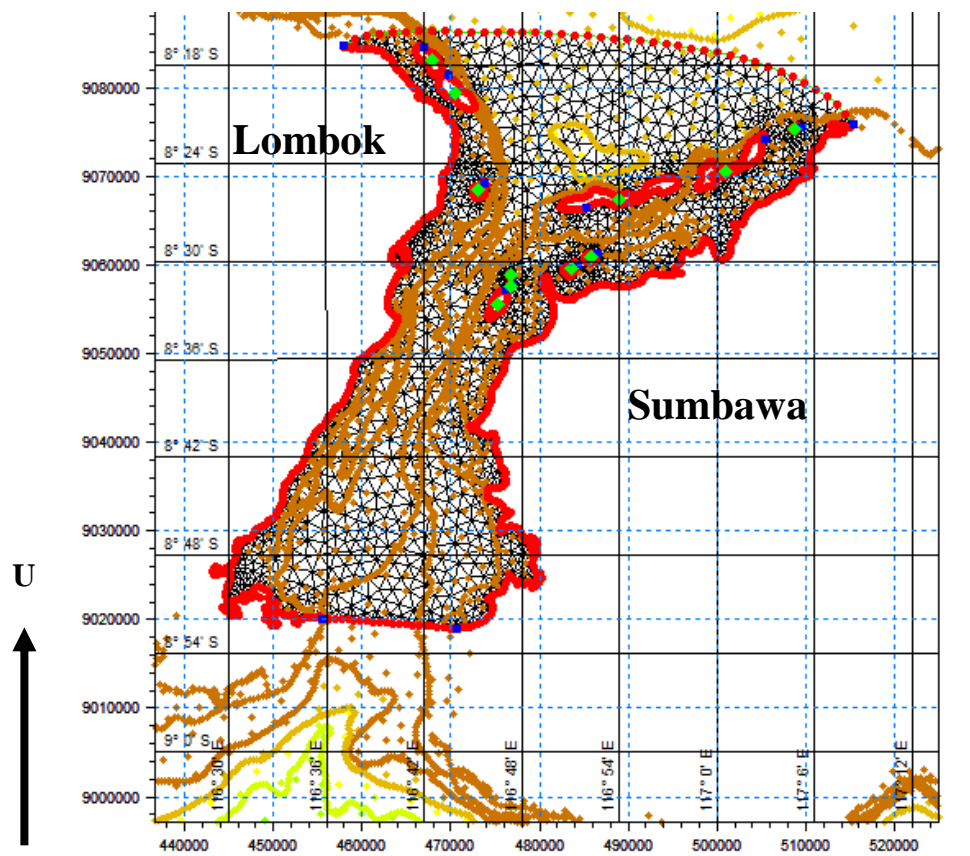
Data batimetri digunakan untuk membuat kondisi batas dan *meshing* dalam pemodelan. Batas terdiri dari batas darat, batas air yaitu Selatan dan Utara, hal ini sangat penting karena pemodelan hanya dijalankan di bagian lautan (berair). Batas Selatan dan Utara berupa perairan dengan data pasang surut.



Gambar 3.8 Hasil Digitasi Peta Batimetri di *Software* Autocad Map

Data batimetri berupa peta di digitasi sehingga diperoleh koordinat UTM sumbu x dan sumbu y, serta kedalamannya. Selanjutnya mengatur setiap batas yang Utara, Selatan dan daratan, setelah setiap batas didefinisikan triangulasi dilakukan. Triangulasi adalah *flexible mesh approach* yang digambarkan sebagai jaring-jaring tiga sudut yang menandakan wilayah simulasi, juga berfungsi memperhalus simulasi karena semakin kecil dan rapat *mesh* nya simulasi akan semakin baik.

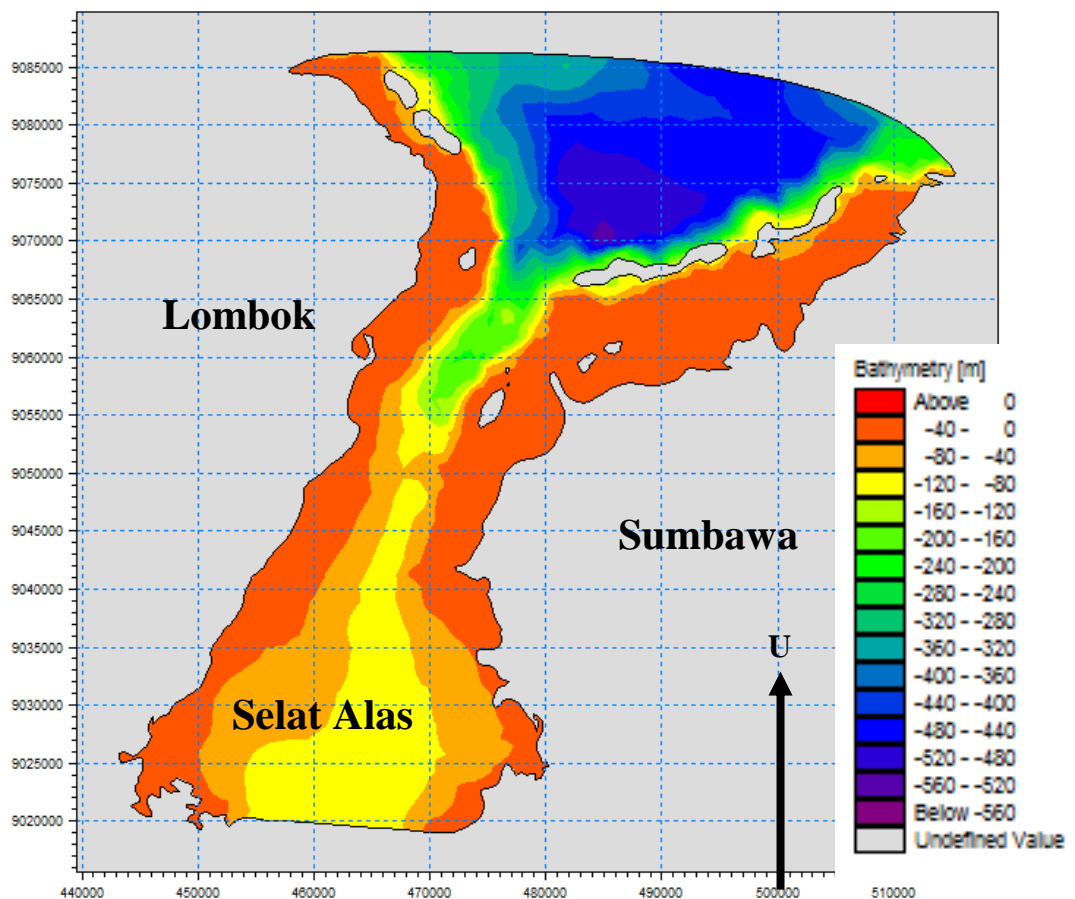
Selanjutnya interpolasi dilakukan, yaitu memberikan kedalaman pada wilayah simulasi secara menyeluruh. Data awal hanya berupa titik-titik kedalaman lalu dengan interpolasi sehingga kedalaman seluruh wilayah diketahui.



Gambar 3.9 Triangulasi Pada Daerah Pemodelan

Triangulasi adalah sistem perhitungan dengan menggunakan jaring tiga sudut yang berfungsi untuk membentuk wilayah pemodelan. Dalam dunia sains sering disebut *finite element method* (metode elemen hingga), yaitu menyelesaikan suatu model atau perhitungan dengan membagi-bagi objek pemodelan menjadi bagian-bagian yang terhingga.

Jaring-jaring tersebut menjadi acuan dalam melakukan interpolasi. Dengan data awal berupa titik-titik kedalaman yang tersebar tidak merata di sepanjang wilayah pemodelan, penentuan nilai kedalaman di setiap jengkal wilayah pemodelan dapat dilakukan dengan metode elemen hingga ini. Titik-titik berwarna merah menunjukkan batasan wilayah pemodelan, sehingga wilayah diluar titik-titik merah tersebut tidak termasuk dalam pemodelan.



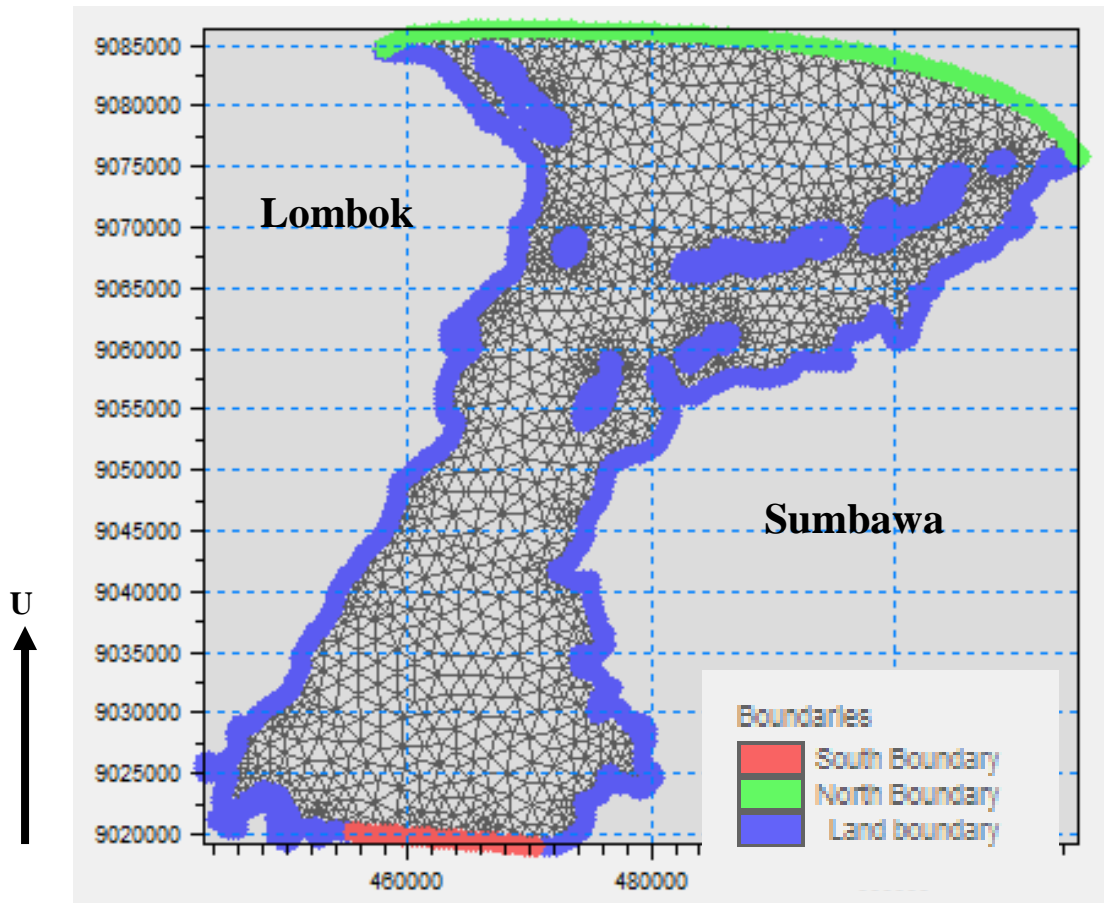
Gambar 3.10 Interpolasi Pada Daerah Pemodelan

Setelah triangulasi selesai dilakukan, interpolasi dapat dilakukan sehingga kedalaman wilayah pemodelan dapat diketahui dengan cepat. Gambar 3.10 menunjukkan kedalaman wilayah pemodelan dengan kode warna, semakin terang / cerah warnanya semakin dangkal wilayah perairannya, sebaliknya semakin gelap warnanya semakin dalam wilayah perairannya. Warna abu-abu menunjukkan wilayah tersebut tidak masuk dalam pemodelan yang dapat berupa, pulau atau perairan juga.

b. Pengolahan Data Pasang Surut

Data pasang surut menjadi kondisi batas pada pemodelan, data ini diperoleh dari *Tide Model Generator* yang dibuat oleh Balai Teknologi Survei Kelautan (BPPT). Data ini harus diolah sesuai dengan kebutuhan, data pasang surut berada di 10 koordinat di bagian Utara Selat Alas dan 7 koordinat di bagian Selatan Selat Alas. Data pasang surut dimulai pada tanggal 1 Juni 2006 pukul 08.00 WITA hingga 30 Juni 2006 pukul 07.55 WITA dengan interval lima menit, data ini dihitung dari MSL (*Mean Sea Level*). Elevasi

tertinggi pada batas Utara yaitu 0,83419 m dan terendah -0,98964 sedangkan pada batas Selatan elevasi tertinggi yaitu 1.38026 m dan terendah -1.41437 m.



Gambar 3.11 Kondisi Batas Wilayah Pemodelan

Gambar 3.11 menunjukkan kondisi batas pada wilayah pemodelan, garis merah menunjukkan batas wilayah perairan di bagian selatan, garis hijau menunjukkan batas wilayah perairan di bagian utara dan warna biru merupakan batas perairan dengan daratan. Kondisi batas merupakan komponen penting dalam pemodelan, karena tanpa kondisi batas tidak ada definisi dari pemodelan walaupun wilayah pemodelannya sudah ada. Kondisi batas juga penting untuk memberikan batasan masalah sehingga penelitian tidak keluar dari topiknya.

3.2.4 Pemodelan (*Processing*)

Data yang telah disiapkan lalu menjadi file *input* untuk simulasi / pemodelan, segala bentuk perhitungan dilakukan oleh aplikasi yang digunakan. Pemodelan berhasil jika sukses 100% dan dapat dilanjutkan ke validasi hasil simulasi dengan data lapangan. Pemodelan ini dilakukan dengan cara mengumpulkan semua data yang dibutuhkan dan mengolah data tersebut sesuai dengan kebutuhan aplikasi yang digunakan.

3.2.5 Validasi Simulasi (*Post Processing*)

Validasi adalah membandingkan hasil simulasi dengan data lapangan, hasil yang dibandingkan adalah elevasi permukaan air (pasang surut) dan kecepatan arus. Simulasi dikatakan berhasil ketika hasil simulasi mendekati data lapangan dengan margin error yang kecil. Validasi yang berhasil menunjukkan bahwa seluruh wilayah pemodelan dinyatakan bisa dijadikan acuan untuk penelitian selanjutnya. Tujuan pemodelan sendiri adalah mengetahui secara keseluruhan kondisi wilayah yang ingin diteliti tanpa harus melakukan survei langsung ke lapangan, yang pastinya memakan biaya yang sangat besar.

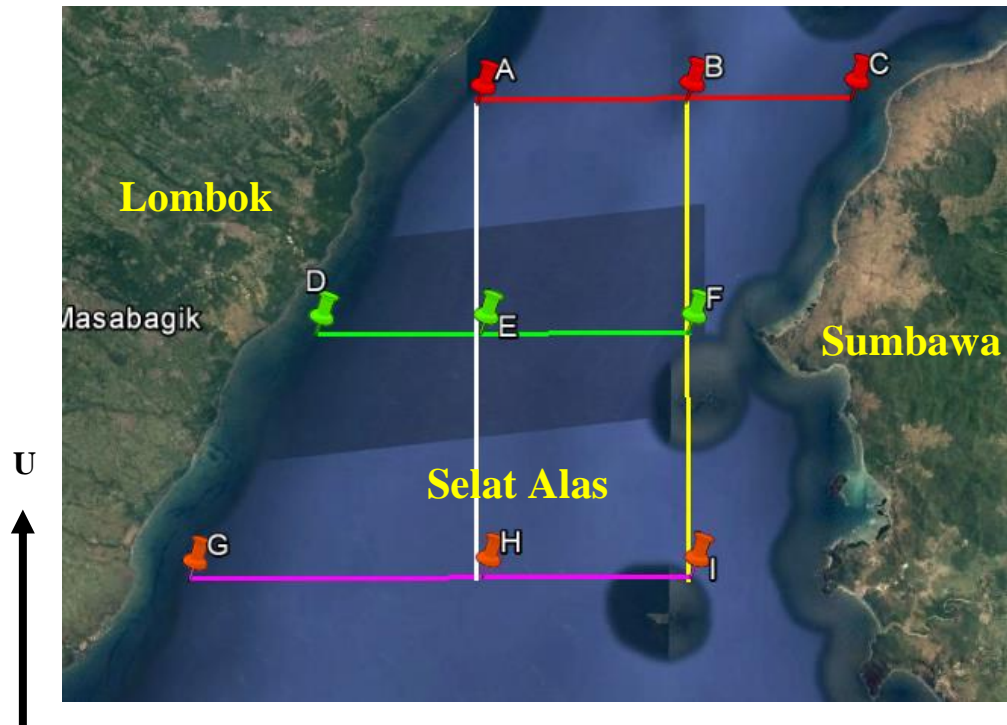
3.2.6 Pemetaan dan Perhitungan Potensi Energi Listrik

Tujuan kedua dari penelitian ini adalah, memetakan koordinat pada Selat Alas yang memiliki potensi untuk dijadikan sumber energi dari arus laut. Pada penelitian ini penulis membuat *grid* / kisi-kisi yang terdiri atas lima garis yang berpotongan, dari perpotongan itu menjadi suatu koordinat yang menjadi lokasi penentuan apakah wilayah tersebut memiliki potensi yang baik atau tidak. Garis tersebut dibuat dengan syarat wilayah selalu terdapat air (tidak pernah surut sampai kering) dan bukan wilayah yang memiliki sedimentasi tinggi.

Kisi-kisi / *grid* yang terdiri dari 9 (koordinat A, B, C, D, E, F, G, H, I). Dari sembilan koordinat tersebut, dipilih satu koordinat yang paling cocok dan potensial untuk dijadikan sumber energi arus laut. Penentuan koordinat tersebut didasari teori yang dikemukakan oleh Fraenkel (2002) dan Mukhtasor (2012) sebagai berikut:

- Kedalaman perairan -15 – -50 meter dari MSL
- Kecepatan arus maksimal mencapai 2 m/s
- Tidak jauh dari garis pantai dengan jarak maksimal 3 km dari garis pantai

- Di perairan yang menyempit oleh daratan, sehingga arus berpeluang memiliki percepatan tambahan



Gambar 3.12 Pemetaan Koordinat Arus pada Selat Alas

Setelah mendapatkan kecepatan arus pada koordinat yang paling ideal, perhitungan potensi energi arus dilakukan pada koordinat yang dipilih dan setelah divalidasi dengan data lapangan yang sudah diolah sebelumnya. Hasil dari perhitungan ini adalah koordinat yang ideal untuk membangkitkan energi listrik dari keseluruhan koordinat yang diteliti.

3.2.7 Penarikan Kesimpulan

Menarik kesimpulan dari hasil yang didapat serta saran untuk pengembangan di masa yang akan datang. Kesimpulan yang diperoleh yaitu:

- Kondisi pasang surut dan arus laut di Selat Alas.
- Koordinat pada Selat Alas yang memiliki potensi listrik yang baik untuk sumber energi arus laut.
- Besar energi listrik yang dapat dieksploitasi dari arus laut di Selat Alas pada waktu dan tempat yang paling ideal.

BAB IV

ANALISIS HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Skenario Pemodelan

Setelah data terkumpul dan diolah pada bab III, simulasi dapat dilakukan. Pada studi ini dibuat dua skenario simulasi, skenario pertama tidak memperhitungkan pengaruh angin dan skenario kedua memperhitungkan pengaruh angin. Tujuan dibuat dua skenario pemodelan ini adalah untuk membuktikan apakah pengaruh angin pada lokasi tersebut signifikan atau tidak.

Tabel 4.1 Skenario Simulasi Pemodelan

Skenario	Skenario 1	Skenario 2
Batimetri	√	√
Data Pasang Surut	17 koordinat	17 koordinat
Angin	x	√
Durasi Simulasi	29 hari	29 hari
<i>Eddy Viscosity</i>	0,35	0,35
Koefisien Gesek Dasar Laut	$37 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$	$37 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

a. Skenario 1

Penulis memilih variabel-variabel yang berpengaruh terhadap proses terbentuknya arus laut yaitu batimetri dan elevasi permukaan air laut (pasang surut). Seperti yang telah dijelaskan pada bab-bab sebelumnya, variabel *eddy viscosity* adalah komponen penting dalam pemodelan ini untuk menyelesaikan dinamika turbulen. Angka tersebut didapat langsung dari aplikasi pemodelan dengan beberapa penyesuaian. Begitu juga dengan nilai koefisien gesek dasar laut, variabel ini didapatkan dengan cara yang sama dengan variabel *eddy viscosity*. Durasi simulasi dilakukan sesuai dengan data yang tersedia, data awal yang tersedia yaitu dengan durasi sekitar 28 hari 18 jam, dan hasil yang minimal diperoleh adalah elevasi permukaan air laut pada seluruh wilayah pemodelan, kecepatan dan arah arus.

b. Skenario 2

Pada dasarnya, skenario 2 ini sama dengan skenario pertama, namun pada skenario ke dua penulis menambahkan variabel angin. Wilayah Selat Alas pada bulan Juni mengalami angin muson timur yang berhembus dari Belahan Bumi Selatan (BBU) ke Belahan Bumi Utara (BBU). Hal ini menjadi pertimbangan penulis untuk meneliti apakah faktor angin berpengaruh pada kecepatan arus di Selat Alas. Variabel lainnya yang berupa, batimetri, pasang surut, *eddy viscosity* dan koefisien gesek dasar laut nilainya sama.

4.2 Pemodelan / Simulasi

Simulasi dilakukan dengan waktu simulasi yang diatur sebanyak 8000 langkah x 5 menit = 40.000 menit, dimulai pada 1 Juni 2006 pukul 08.00 WITA dan berakhir pada 29 Juni 2006 pukul 02.40 WITA. Langkah simulasi adalah kecepatan pemodelan bergerak setiap 300 detik (5 menit), diartikan data akan keluar setiap lima menit. Data hasil interpolasi di masukkan pada aplikasi pemodelan dan diberikan data pasang surut di setiap batas Utara dan Selatan sesuai kondisi batas yang ditentukan, Hasil yang diinginkan yaitu pasang surut, arus arah u, arus arah v, kecepatan arus, dan total kedalaman air.

Durasi simulasi ditentukan oleh berapa banyak data pasang surut yang dimiliki. Pada penelitian ini data pasang surut awal yang dimiliki adalah kurang lebih satu bulan dan data lapangan yang berfungsi sebagai pembanding data simulasi adalah selama kurang lebih dua puluh hari. Segala bentuk perhitungan telah otomatis dijalankan oleh aplikasi pemodelan, pada studi ini penulis harus menyiapkan segala data yang dibutuhkan lalu mengolahnya sesuai dengan apa yang dibutuhkan untuk pemodelan, selanjutnya memberikan definisi-definisi serta batasan-batasan pemodelan dan mengatur arah dan tujuan pemodelan yang diinginkan.

4.3 Hasil Pemodelan

Simulasi yang telah berjalan 100% dapat diambil data statistiknya untuk setiap variabel yang kita inginkan variabel yang dipilih yaitu elevasi permukaan air laut (pasang surut), kecepatan arus, dan kedalaman air. Koordinat simulasi yang divalidasi harus sama dengan lokasi peletakan ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*), yaitu alat yang digunakan di lapangan untuk memperoleh data pasang surut dan kecepatan arus. Koordinatnya berada pada x: 462302.2 y: 9049627.

Data yang diekstrak berupa data pasang surut dan kecepatan arus, untuk kecepatan arus memiliki arus arah u dan arus arah v yang berupa besaran vektor dan kecepatan arus hasil akar kuadrat dari arus u dan arus v.

$$v = \sqrt{uv^2 + uu^2} \quad (4.1)$$

Dimana,

v = kecepatan arus

uv = kecepatan arus arah v

uu – kecepatan arus arah u

a. Simulasi Skenario 1

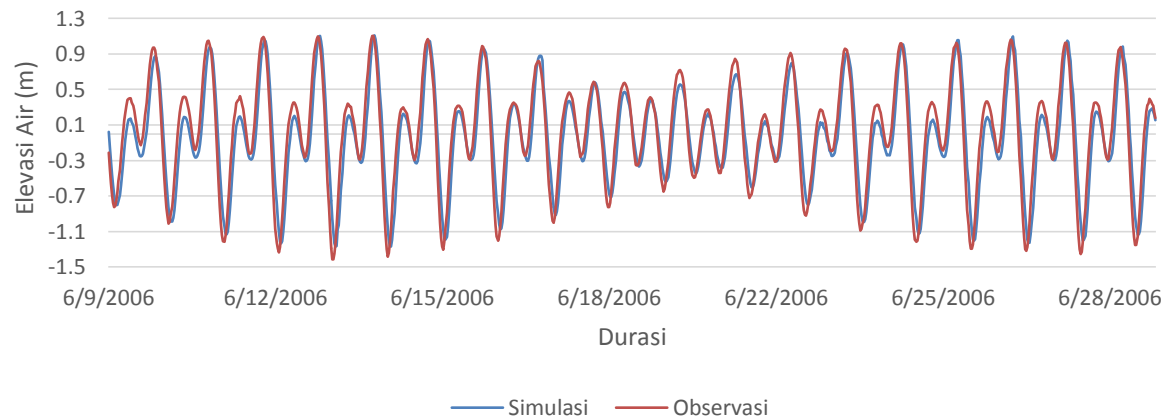
Dari data simulasi skenario kesatu dan observasi di koordinat ADCP diperoleh:

Tabel 4.2 Perbandingan Antara Simulasi Skenario 1 dengan Observasi

Tanggal	Waktu	Observasi (a)	Simulasi (b)	Persentase Selisih (b-a)/a x 100%	Keterangan
14 Juni 2016	11.00	1,10 m	1,08 m	1,8 %	Pasang Tertinggi
13 Juni 2016	16.30	-1,41 m	-0,95 m	32,6 %	Surut Terendah
9 – 29 Juni 2006	-	0,01 m	0,03 m	200 %	Rata-rata Elevasi
15 Juni 2006	18.30	2.19 m/s	1,33 m/s	39,2 %	V Arus Tertinggi
20 Juni 2006	18.00	0.17 m/s	0,38 m/s	123 %	V Arus Terendah
9 – 29 Juni 2006	-	0,97 m/s	0,93 m/s	4,1 %	V Arus Rata- rata

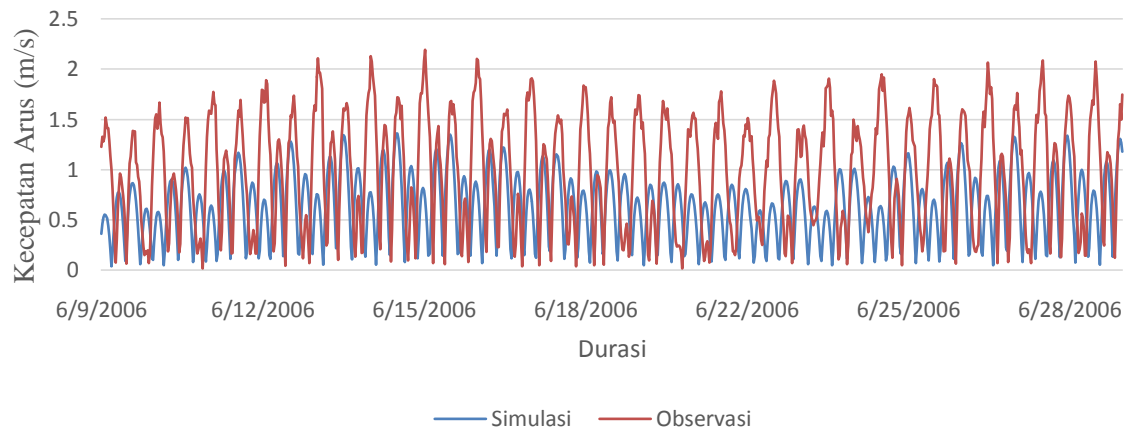
Tabel 4.2 menunjukkan hasil-hasil yang diambil dari pemodelan, seperti elevasi permukaan laut yang tertinggi dan terendah, elevasi permukaan laut rata-rata, kecepatan arus terbesar, kecepatan arus terendah dan kecepatan arus rata-rata. Hasil simulasi itu

dibandingkan dengan data lapangan jika hasilnya mendekati maka simulasi dikatakan berhasil.



Gambar 4.1 Validasi Hasil Simulasi Pasang Surut Skenario 1

Gambar 4.1 merupakan grafik elevasi permukaan air pada simulasi dan data observasi. Garis warna biru menunjukkan data hasil simulasi dan garis warna merah menunjukkan data observasi. Berdasarkan grafik tersebut simulasi dinyatakan berhasil dengan selisih rata-rata permukaan laut (MSL) hanya 0,02 m dan memiliki fase yang sama, walaupun dalam persentase terlihat berbeda jauh, yaitu 200%, hal ini disebabkan nilai yang sangat kecil yaitu dua angka dibelakang koma.



Gambar 4.2 Validasi Hasil Simulasi Kecepatan Arus Skenario 1

Gambar 4.2 merupakan grafik kecepatan arus pada simulasi dan kecepatan arus observasi. Garis biru merupakan kecepatan arus simulasi dan garis merah merupakan kecepatan arus dari data observasi. Dari grafik tersebut disimpulkan bahwa kecepatan arus simulasi dan data observasi memiliki fase dan siklus yang mendekati sama walaupun

besar kecepatan arusnya cukup berbeda. Dapat disimpulkan bahwa kecepatan arus simulasi juga berhasil dengan selisih rata-rata kecepatan arusnya hanya 0,03 m/s atau selisih hanya 4,1%.

b. Simulasi Skenario 2

Dari data hasil simulasi skenario kedua dan observasi pada koordinat ADCP, diperoleh:

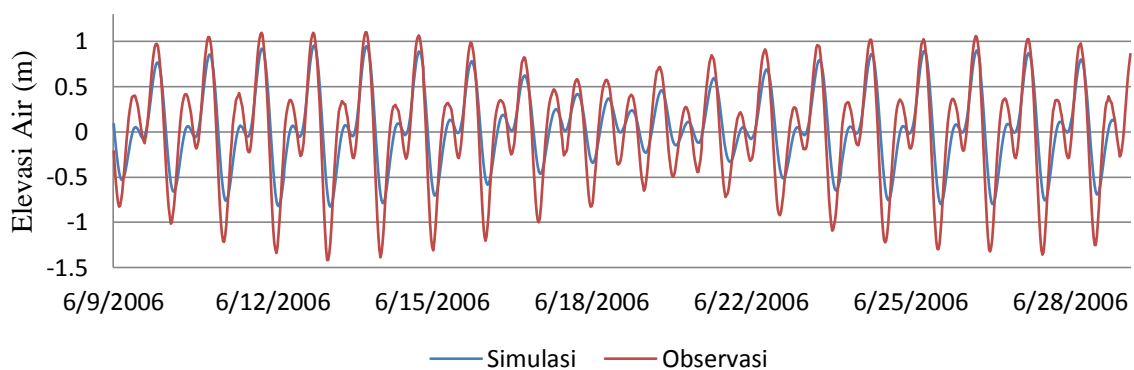
Tabel 4.3 Perbandingan Antara Simulasi Skenario 2 dengan Observasi

Tanggal	Waktu	Observasi (a)	Simulasi (b)	Persentase Selisih $(b-a)/a \times 100\%$	Keterangan
14 Juni 2006	11.00	1,10 m	-0,09 m	108,1 %	Pasang Tertinggi
13 Juni 2006	16.30	-1,41 m	0,61 m	143,2 %	Surut Terendah
9 – 29 Juni 2006	-	0,01 m	-0,02 m	300 %	Rata-rata Elevasi
15 Juni 2006	18.30	2.19 m/s	0,49 m/s	77,6 %	V Arus Tertinggi
20 Juni 2006	18.00	0.17 m/s	0,48 m/s	182 %	V Arus Terendah
9 – 29 Juni 2006	-	0,97 m/s	0,54 m/s	44,3 %	V Arus Rata-rata

Tabel 4.3 menunjukkan hasil-hasil yang diambil dari pemodelan simulasi kedua, seperti elevasi permukaan laut yang tertinggi dan terendah, elevasi permukaan laut rata-rata, kecepatan arus terbesar, kecepatan arus terendah dan kecepatan arus rata-rata. Hasil simulasi ini dibandingkan dengan data observasi, jika hasilnya mendekati maka simulasi dikatakan berhasil. Seperti yang dapat dilihat pada tabel diatas, simulasi skenario kedua ini hasilnya semakin menjauhi data observasi, bahkan lebih buruk dari simulasi skenario pertama.

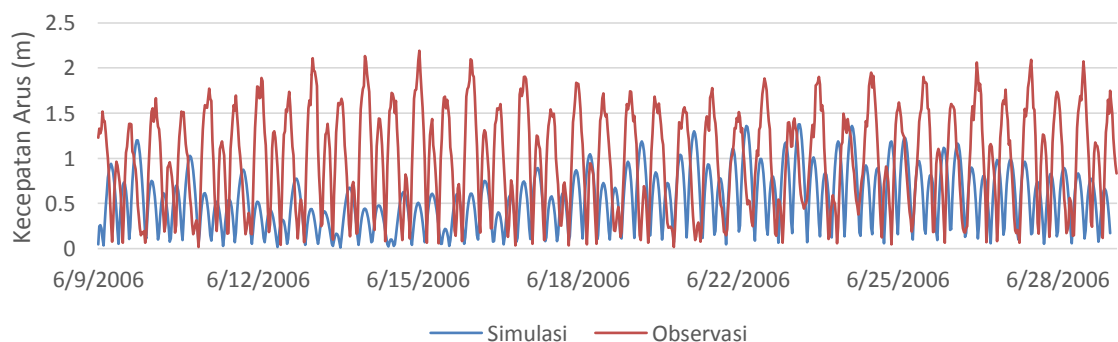
Pada simulasi skenario kedua ini, pasang tertinggi memiliki nilai - 0,09 m yang berbeda jauh yaitu sebesar 108,1 % (memiliki fase yang berbeda) sedangkan data

lapangan nilainya 1,10 m, ini menandakan sudah ada perbedaan yang cukup signifikan dari simulasi pertama. Surut terendah simulasi kedua ini memiliki nilai yang selisihnya 2,02 m dari data observasi atau 143,2 %, rata-rata elevasi permukaan airnya selisih 0,03 meter atau memiliki perbedaan 300% dengan data observasi. Begitu juga dengan kondisi arus tercepatnya yang cukup berbeda yaitu kecepatan arus simulasi lebih lambat 1,7 m/s, kecepatan arus terendah simulasinya juga berbeda karena lebih cepat 0,31 m/s pada waktu yang sama, dan yang terakhir adalah rata-rata kecepatannya yang memiliki selisih cukup besar yaitu 0,41 m/s.



Gambar 4.3 Validasi Hasil Simulasi Pasang Surut Skenario 2

Gambar 4.3 merupakan grafik elevasi permukaan air pada simulasi skenario kedua dan lapangan. Garis warna biru menunjukkan data hasil simulasi dan garis warna merah menunjukkan data lapangan. Berdasarkan grafik tersebut simulasi dinyatakan berhasil dengan selisih rata-rata permukaan laut (MSL) hanya 0,05 m dan memiliki fase yang sama.



Gambar 4.4 Validasi Hasil Simulasi Kecepatan Arus Skenario 2

Gambar 4.4 merupakan grafik kecepatan arus pada simulasi dan kecepatan arus di lapangan. Garis biru merupakan kecepatan arus simulasi dan garis merah merupakan kecepatan arus dari data di lapangan. Dari grafik tersebut disimpulkan bahwa kecepatan arus simulasi dan data observasi memiliki fase dan siklus yang berbeda dan besar kecepatannya cukup berbeda pula. Ketika kecepatan arus tinggi di lapangan namun pada simulasi kecepatannya rendah, begitu juga sebaliknya, saat kecepatan arus menurun di lapangan, kecepatan arus simulasi naik. Perbedaan fase dan kecepatan ini membuktikan bahwa simulasi skenario dua dengan penambahan variabel angin merubah pola arus yang ada pada Selat alas namun tidak merubah pola pasang surut yang ada. Dari dua skenario yang dijalankan, skenario pertama yang digunakan penulis untuk melanjutkan studi pemetaan lokasi pada Selat Alas yang berpotensi sebagai pembangkit listrik tenaga arus laut.

Tujuan pemodelan pada studi ini adalah mengetahui kondisi keseluruhan wilayah studi tanpa harus melakukan survei langsung kelapangan. Hal ini tentu akan menghemat biaya dan tenaga yang sangat banyak, karena yang dibutuhkan adalah data lapangan pada suatu koordinat saja lalu dibuat pemodelan dengan data primer atau sekunder yang ada. Hasil pemodelan ini selanjutnya dibandingkan dengan data lapangan yang telah diambil, pada studi ini data lapangan yang ada adalah data pasang surut dan kecepatan arus pada koordinat UTM x: 462302.2 y: 9049627.

Survei tersebut dilaksanakan pada 9 – 30 Juni 2006 oleh Balai Teknologi Survei Kelautan yang merupakan salah satu unit dibawah Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) yang berkantor di Jl. M.H. Thamrin Jakarta. Survei tersebut dilakukan menggunakan alat ADCP (*Acoustic Doppler Current Profiler*), yaitu alat pengukuran arus hidroakustik yang menggunakan gelombang untuk mengukur kecepatan arus dan bisa juga untuk mengukur elevasi permukaan laut. Alat ini diletakkan di dasar laut dengan durasi yang kita inginkan, setelah durasi waktu terpenuhi alat tersebut dapat diangkat dan diambil datanya. Pada studi ini data kecepatan arusnya merupakan rata-rata kecepatan arus dari kedalaman sekitar 16 meter dibawah permukaan laut.

Simulasi dipilih berdasarkan besar *error* antara data pemodelan dengan data observasi baik komponen pasang surut dan komponen kecepatan arusnya, dirumuskan dengan:

$$Ee = \frac{Es - Eo}{Eo} \times 100\% \quad (4.2)$$

$$Ev = \frac{Vs - Vo}{Vo} \times 100\% \quad (4.3)$$

Dimana,

Ee = *error* elevasi permukaan laut

Ev = *error* kecepatan arus

Es = elevasi permukaan data pemodelan

Eo = elevasi permukaan data observasi

Vs = kecepatan arus data pemodelan

Vo = kecepatan arus data observasi

Ee dan Ev dihitung untuk setiap data yang ada (data observasi dan simulasi dilampirkan), lalu diambil nilai rata-rata nya dengan rumus:

$$MEe = \frac{\sum Ee}{\sum data} \quad (4.4)$$

$$MEv = \frac{\sum Ev}{\sum data} \quad (4.5)$$

Dimana,

MEe = rata-rata *error* elevasi permukaan laut

MEv = rata-rata *error* kecepatan arus

$\sum data$ = jumlah data

Dari perumusan tersebut didapatkan total selisih / *error* untuk setiap komponen pasang surut dan kecepatan arus pada setiap simulasi sebagai berikut:

- Simulasi 1

Rata-rata *error* elevasi permukaan laur (MEe) = 4,2 %

Rata-rata *error* kecepatan arus (MEv) = 10,71 %

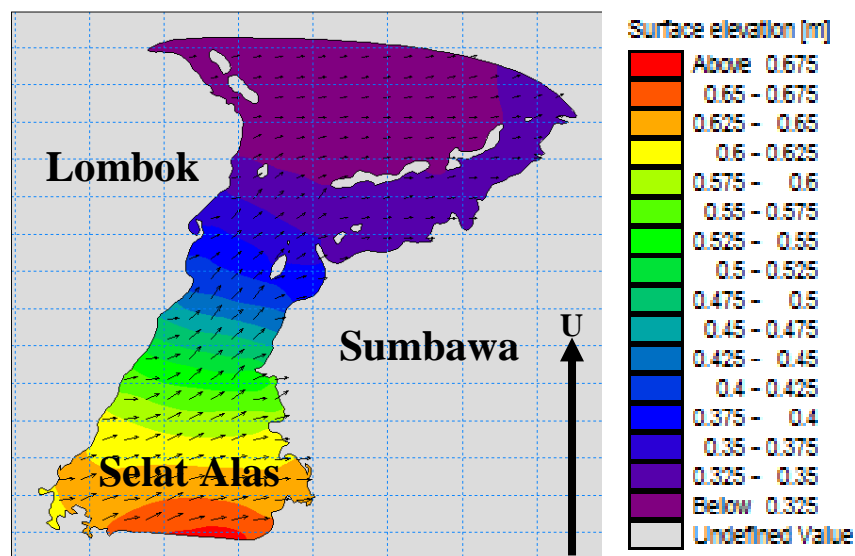
- Simulasi 2

Rata-rata *error* elevasi permukaan laur (MEe) = 13,48 %

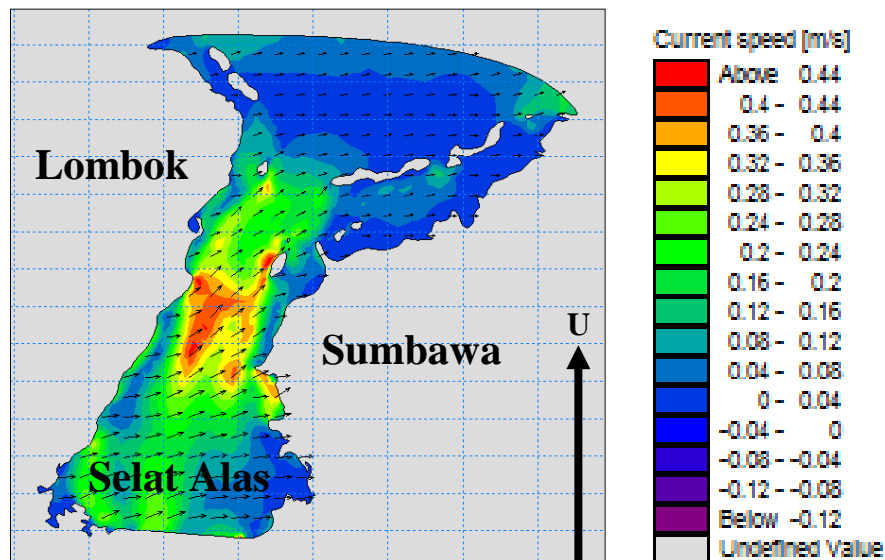
Rata-rata *error* kecepatan arus = 11,71 %

Hasil simulasi 1 pada studi ini dinyatakan berhasil karena data pasang surut yang dihasilkan ternyata memiliki pola dan fase yang sama dengan data yang ada di lapangan, selisih nilai pasang surut nya pun sangat kecil, yaitu pada simulasi rata-rata elevasi permukaan air lautnya hanya lebih rendah 0,06 meter dari data di lapangan serta rata-rata *error* nya yang lebih kecil dari simulasi 2.

Begitu juga dengan hasil simulasi kecepatan arusnya, walaupun memiliki perbedaan kecepatan yang cukup signifikan, namun kecepatan arus simulasi memiliki pola dan fase yang mendekati dengan data lapangan sehingga hasil simulasi ini dinyatakan berhasil dan seluruh wilayah pemodelan dengan *error* hanya sebesar 10,71 % dan dapat digunakan sebagai materi penelitian.



Gambar 4.5 Pemodelan Pasang Surut

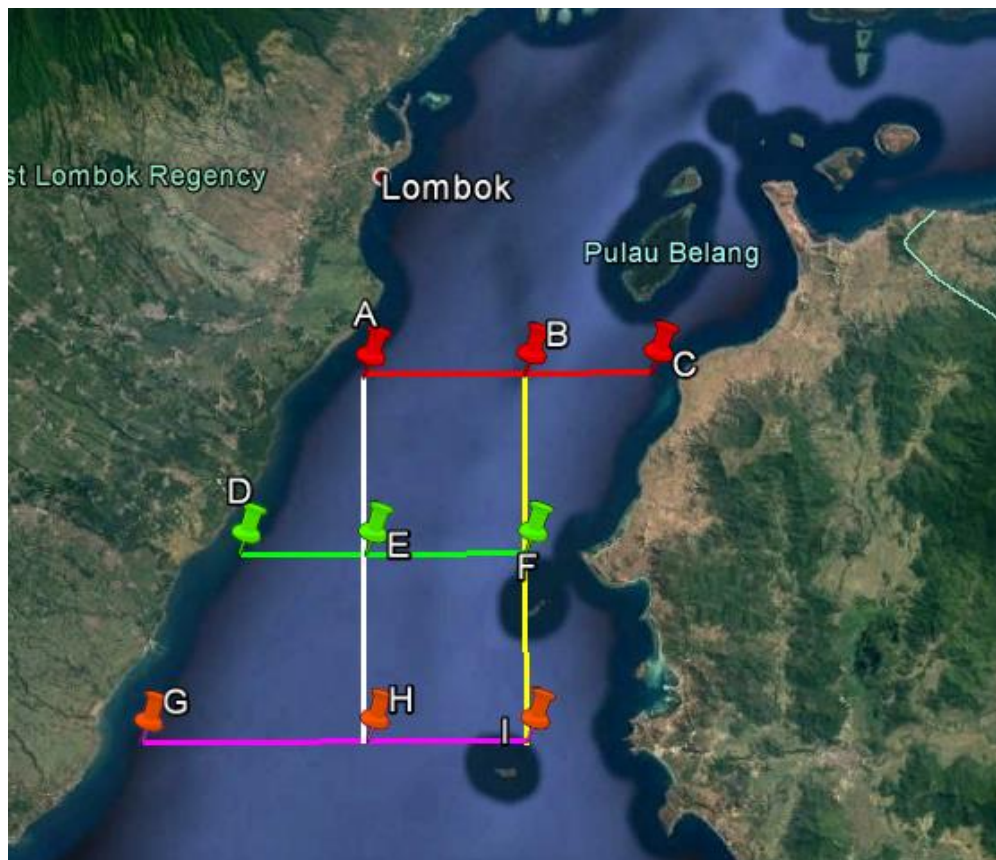


Gambar 4.6 Pemodelan Arus Laut

Gambar 4.5 dan gambar 4.6 merupakan gambar yang diambil dari aplikasi pemodelan, gambar tersebut menjelaskan kondisi wilayah pemodelan saat simulasi pasang surut dan kecepatan arus dijalankan. Kode warna menjelaskan semakin cerah warna, semakin besar nilai elevasi permukaan air lautnya atau semakin besar kecepatan arusnya. Sedangkan arah panah menunjukkan arah arus laut, semakin panjang panah semakin besar kecepatan arusnya.

4.4 Pemetaan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut

Pemetaan dilakukan dengan membuat lima garis bantu yang beberapa garis tersebut berpotongan sehingga membuat suatu koordinat pada persimpangan dua garis. Koordinat pada persimpangan dua garis tersebut diberi nama, koordinat A, B, C, D, E, F, G, H dan I.



Gambar 4.7 Koordinat Selat Alas untuk Pemetaan Potensi Energi Arus Laut

Secara umum garis bantu tersebut memiliki panjang 17 km dan jarak antar koordinat kurang lebih 7 km. Garis tersebut dibuat dengan syarat tidak menyentuh daratan, dan tidak pernah surut hingga tidak ada airnya. Pada setiap koordinat tersebut

akan diambil data kecepatan arus tercepat dan terlambatnya, lalu kedalaman airnya serta jarak koordinat tersebut dari garis pantai. Faktor tersebut yang akan menentukan apakah koordinat tersebut berpotensi sebagai pembangkit listrik tenaga arus laut.

Tabel 4.4 Koordinat Pemetaan Potensi Energi Arus Laut

Koordinat	UTM X	UTM Y	Kedalaman (m)	V Arus Min (m/s)	V Arus Maks (m/s)	Jarak Dari Garis Pantai (km)
A	462493	9050081	-10,1	0,07	1,3	2,7
B	469597	9050081	-61	0,03	1,8	6,7
C	475196	9050081	-19,7	0,05	1,27	1,4
D	457004	9042296	-9	0,03	1,1	2,4
E	462493	9042296	-45,2	0,03	1,6	7,7
F	469597	9042296	-30,2	0,1	2,38	3
G	452699	9034026	-18,5	0,13	1,2	1,9
H	462493	9034026	-78,6	0,09	1,89	12,3
I	469597	9034026	-42,6	0,11	2,1	4,8

Pada sub bab ini koordinat-koordinat yang tidak memenuhi persyaratan berupa:

- Kedalaman 15-50 meter
- Kecepatan maksimal mencapai 2 m/s
- Maksimal 3 kilometer dari garis pantai

Koordinat-koordinat tersebut akan dieleminasi satu per satu hingga didapatkan satu koordinat yang paling memenuhi persyaratan tersebut. Berikut penjelasan studi per koordinat:

a. Koordinat A

Koordinat A terletak pada koordinat UTM di sumbu X 462493 dan sumbu Y 9050081. Kedalaman koordinat tersebut adalah -10,1 meter dari MSL sehingga tidak memenuhi syarat kedalaman antara -15 – 50 meter, jadi koordinat ini dieleminasi. Kecepatan arus tertingginya pun hanya 1,3 m/s walaupun jarak dari garis pantai 2,7 km yang masih masuk kategori dekat dengan garis pantai.

b. Koordinat B

Koordinat B terletak pada koordinat UTM di sumbu X 469597 dan sumbu Y 9050081. Kedalaman koordinat tersebut adalah -61 meter dari MSL sehingga tidak memenuhi syarat kedalaman antara -15 – 50 meter, jadi koordinat ini dieleminasi. Kecepatan arus tertingginya cukup tinggi, 1,8 m/s namun belum mencapai 2 m/s. Jarak Koordinat ini ke garis pantai terdekat sejauh 6,7 km sehingga sangat tidak efektif jika koordinat ini dijadikan sumber energi arus laut.

c. Koordinat C

Koordinat C terletak pada koordinat UTM di sumbu X 475196 dan sumbu Y 9050081. Kedalaman koordinat ini sudah ideal yaitu -19,7 meter dari MSL namun, kecepatan arus maksimalnya hanya 1,27 m/s sehingga koordinat ini dieleminasi walaupun jarak koordinat ini ke garis pantai terdekat hanya 1,4 km.

d. Koordinat D

Koordinat D terletak pada koordinat UTM di sumbu X 457004 dan sumbu Y 9042296. Kedalaman koordinat ini sudah ideal yaitu -9 meter dari MSL sehingga tidak memenuhi syarat kedalaman minimal, kecepatan arus maksimal nya juga rendah, yaitu hanya 1,1 m/s. Koordinat ini cukup dekat dengan garis pantai, yaitu 2,7 km sebelah Timur pesisir Lombok, namun belum cukup menjadikan koordinat ini berpotensi karena kecepatan arusnya yang kecil.

e. Koordinat E

Koordinat E terletak pada koordinat UTM di sumbu X 462493 dan sumbu Y 9042296. Kedalaman koordinat ini yaitu -45,2 meter dari MSL yang masih masuk kategori kedalaman yang ideal, kecepatan arus maksimal nya cukup tinggi yaitu 1,6 m/s namun belum cukup untuk kecepatan minimal 2 m/s. Koordinat E berada 7,7 km dari garis pantai terdekat, sehingga menjadikan koordinat ini tidak efektif sebagai sumber energi arus laut, karena akan banyak biaya yang dikeluarkan untuk membangun fasilitas yang cukup jauh dari garis pantai.

f. Koordinat F

Koordinat F terletak pada koordinat UTM di sumbu X 469597 dan sumbu Y 9042296. Kedalaman koordinat ini sudah ideal yaitu -30,2 meter dari MSL, kecepatan arus maksimal nya melebihi standard yang ada yaitu sebesar 2,38 m/s. Koordinat F juga berada hanya 3 km dari garis pantai terdekat, sehingga menjadikan koordinat ini cukup efektif sebagai sumber energi arus laut

g. Koordinat G

Koordinat G terletak pada koordinat UTM di sumbu X 452699 dan sumbu Y 9034026. Kedalaman koordinat ini sudah ideal yaitu -18,5 meter dari MSL, namun kecepatan arus maksimal nya hanya sebesar 1,2 m/s. Jarak koordinat G ke garis pantai sangat dekat yaitu hanya 1,9 km, walaupun begitu masih belum cukup untuk mejadikan koordinat ini, sebagai koordinat yang potensial.

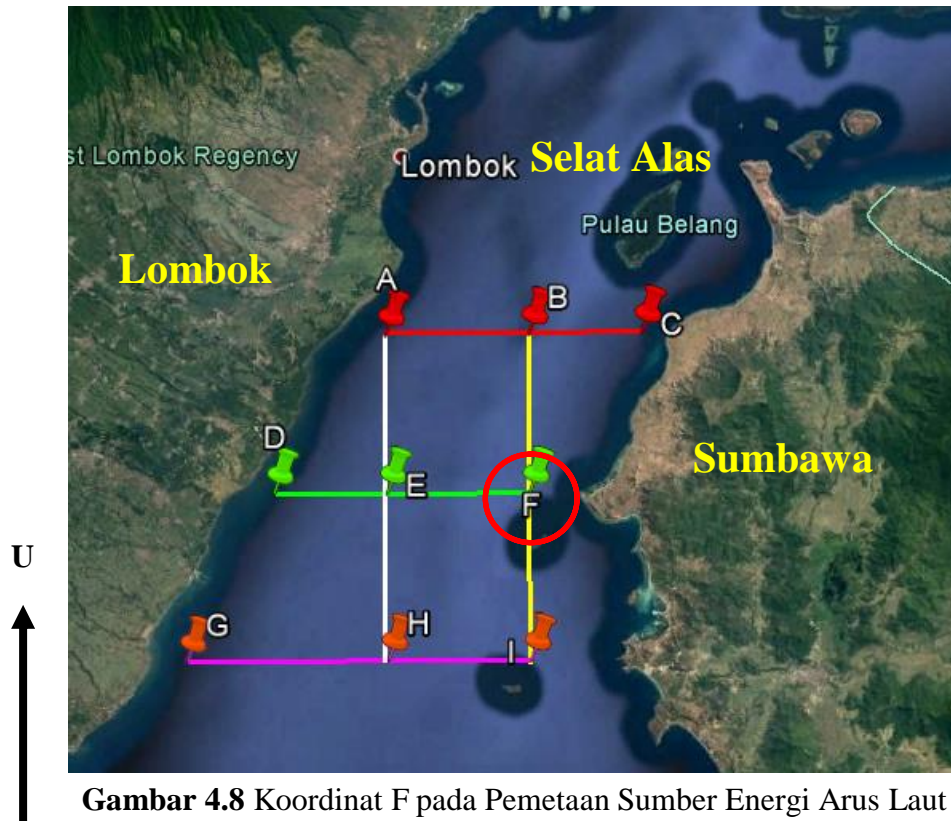
h. Koordinat H

Koordinat H terletak pada koordinat UTM di sumbu X 462493 dan sumbu Y 9034026. Kedalaman koordinat ini yaitu -78,6 meter dari MSL, sehingga terlalu dalam untuk menjadi sumber energi arus laut. Walaupun kecepatan maksimalnya cukup baik yaitu 1,98 m/s, jarak koordinat H terlalu jauh dari garis pantai yaitu 12,3 km, sehingga kurang efektif menjadi sumber energy arus laut.

i. Koordinat I

Koordinat I terletak pada koordinat UTM di sumbu X 469597 dan sumbu Y 9034026. Kedalaman koordinat ini yaitu -42,6 meter dari MSL, sehingga sehingga sudah ideal untuk menjadi sumber energi arus laut. Kecepatannya juga baik yaitu 2,1 m/s, namun jarak nya sedikit lebih jauh dari garis pantai yaitu 4,8 km. koordinat ini tetap akan menjadi pertimbangan sebagai koordinat yang berpotensi sebagai sumber energi arus laut.

Dari kesembilan koordinat diatas penulis memilih koordinat F karena memiliki kedalaman yang ideal yaitu -30,2 m dari MSL, lalu memiliki kecepatan arus maksimal yang baik yaitu 2,38 m/s serta jaraknya yang dekat dari garis pantai yaitu tepat 3 km.



Gambar 4.8 Koordinat F pada Pemetaan Sumber Energi Arus Laut

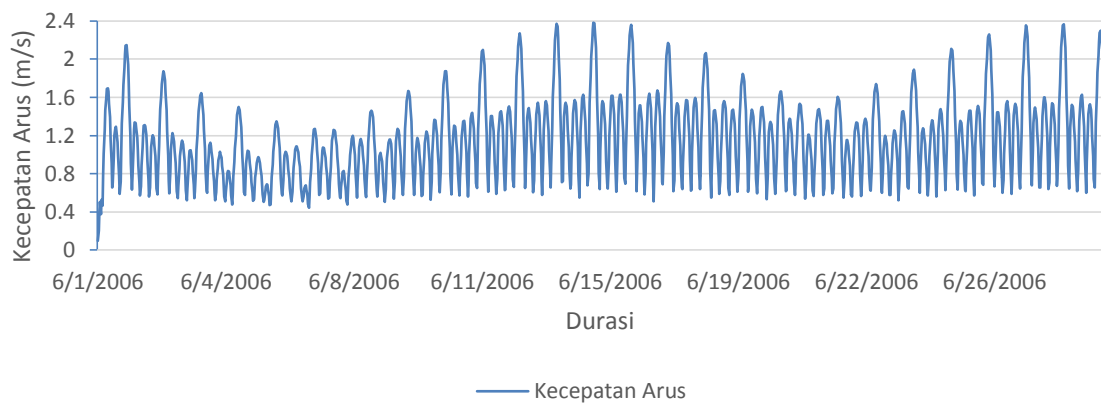
Pemetaan dilakukan dengan batasan-batasan yang telah dijelaskan sebelumnya, dan syarat koordinat tersebut dikatakan memiliki potensi arus laut yang baik antara lain:

- Kedalaman 15-50 meter
- Kecepatan maksimal mencapai 2 m/s
- Maksimal 3 kilometer dari garis pantai

Dari sembilan koordinat yang di teliti potensinya, koordinat yang memiliki potensi yang baik adalah koordinat F. Koordinat F memiliki kecepatan arus laut maksimal yang cukup baik yaitu mencapai 2,38 m/s, kedalamannya bagus untuk peletakaan turbin arus laut yaitu -30,2 meter dari permukaan laut, serta jaraknya yang hanya 3 km dari garis pantai sehingga membuat koordinat ini lebih mudah diakses dan tidak membutuhkan banyak biaya untuk mentrasfer energi yang di panen di laut ke daratan.



Gambar 4.9 Koordinat F di Selat Alas yang Diambil dari Citra Satelit *Google Earth*



Gambar 4.10 Kecepatan Arus pada Koordinat F

4.5 Perhitungan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut

Perhitungan potensi energi arus laut menggunakan data pada koordinat F, diambil data kecepatan arus paling lambat dan kecepatan arus paling cepat. Dengan ketentuan turbin sumbu vertical berjumlah satu unit dan tanpa memperhitungkan arah serta durasi arus bergerak, perhitungan ini dilakukan. Seperti yang telah dirumuskan pada dasar teori perhitungan konversi energi arus laut menjadi listrik menggunakan rumus:

$$E_k = \frac{1}{2} \rho A v^3 \quad (4.6)$$

Dimana,

ρ air laut = 1,025 kg/m³

A (luas penampang turbin) = 4 m²

v (kecepatan arus maksimal dan minimal) = 0,1 m/s (min), 2,38 m/s (maks)

Didapatkan hasil sebagai berikut:

- Ek minimal = 2,05 joule
- Ek maksimal = 27636,61 joule

Langkah selanjutnya adalah menghitung besar daya listrik yang dapat dihasilkan dari koordinat tersebut, sesuai dengan perumusan yang telah dibuat yaitu:

$$P_T = \frac{1}{2} \rho A v^3 \eta_T \quad (4.7)$$

Dimana,

P_T (daya listrik) = Watt

η_T (efisiensi turbin / *betz.factor*) = 0,3

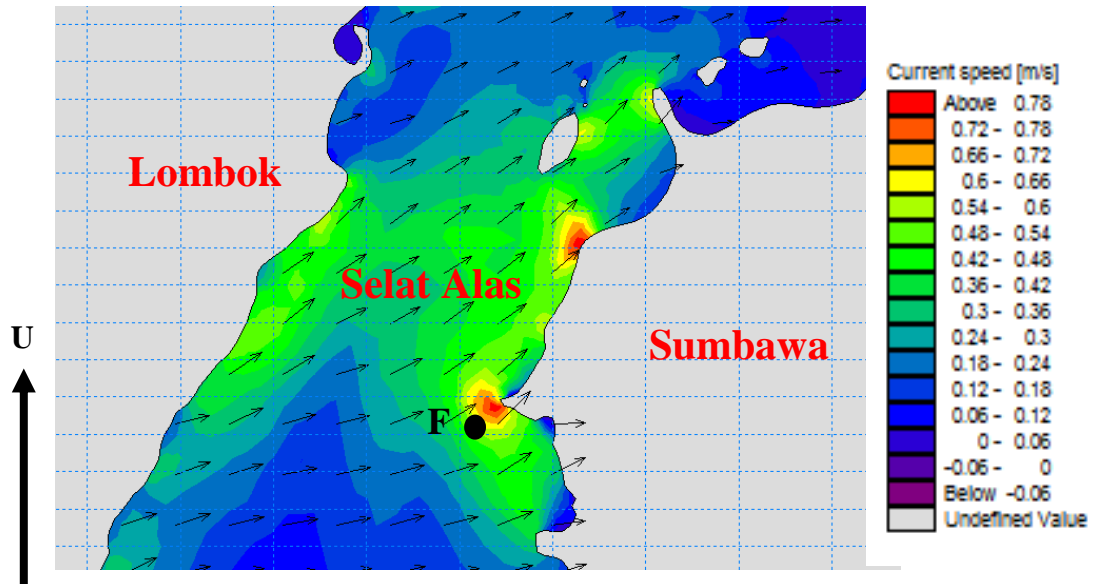
v (kecepatan arus minimal dan maksimal) = 0,1 m/s dan 2,38 m/s

A (luas penampang turbin) = 4 m²

Dari perhitungan diatas didapatkan hasil sebagai berikut:

- P_T minimal = 0,6 Watt
- P_T maksimal = 8.290,9 Watt

Arus laut yang telah didapat kecepatan dan koordinat nya selanjutnya dihitung besar potensi energi listriknya. Tanpa memperhitungkan arah arus, daya yang dapat dihasilkan dari koordinat F yaitu dengan kisaran minimal 0,6 Watt dan maksimal 8.290,9 Watt, dengan kondisi satu turbin yang terpasang dan tidak memperhitungkan durasi turbin berputar. Daya tersebut menjadi acuan potensi energi arus yang dapat di panen di koordinat tersebut.



Gambar 4.11 Koordinat F pada Simulasi Pemodelan Arus Laut

Gambar 4.11 menjelaskan kondisi kecepatan arus pada simulasi. Titik hitam merupakan koordinat F yang dipilih menjadi koordinat yang memiliki potensi kecepatan arus yang baik sebagai sumber energi arus laut. Warna merah menunjukkan kecepatan arus tertinggi dan warna biru hingga ungu menunjukkan kecepatan arus terendah, sedangkan arah panah menunjukkan arah arus laut, semakin panjang panah semakin besar kecepatan arusnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Sesuai dengan tujuan penelitian dan batasan masalah yang ada studi ini berfokus pada tiga tujuan utama yaitu, menjelaskan kondisi pasang surut dan kecepatan arus pada Selat alas, memetakan koordinat pada Selat Alas yang memiliki potensi arus laut yang baik sebagai sumber energi arus laut, dan yang terakhir adalah menghitung daya listrik yang dapat dieksploitasi pada koordinat tersebut, diperoleh beberapa kesimpulan:

- a. Simulasi yang digunakan pada pemodelan ini adalah simulasi pertama dengan error yang kecil dibandingkan dengan simulasi kedua. Error elevasi permukaan lautnya yaitu 4,2 % dan error kecepatan arus nya yaitu 10,71 % dibandingkan dengan simulasi kedua yang memiliki error lebih besar yaitu error elevasi permukaan laut mencapai 13,48 % dan error kecepatan arusnya 11,71 %. Simulasi 1 dapat dijadikan acuan kondisi pasang surut dan kecepatan arus di Selat Alas
- b. Koordinat yang potensial sebagai sumber energi arus laut adalah koordinat F yaitu pada koordinat UTM X 469597 dan Y 9042296, dengan kedalaman air -30,2 m dari permukaan laut, kecepatan maksimal mencapai 2,38 m/s dan jarak dari garis pantai terdekat 3 km.
- c. Besar energi yang dapat diperoleh dari koordinat tersebut adalah minimal = 0,6 Watt dan maksimal = 8.290,9 Watt

5.2 Saran

Berdasarkan studi ini banyak kesempatan studi selanjutnya yang berhubungan dengan topik tugas akhir ini, antara lain:

- a. Pemodelan 3 dimensi sehingga dapat mengetahui peletakan turbin pada kedalaman tertentu.
- b. Analisis struktur turbin yang mencakup desain, biaya dan jumlah turbin yang dibutuhkan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, M.W. 2009. *Studi Teknis Pemilihan Turbin Kobold pada Pembangkit Listrik Tenaga Arus Bawah Laut di Selat Madura*. Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Ayoga, T. F. 2013. *Studi Potensi Energi Arus Laut dan Evaluasi Kesesuaian Teknologi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut di Selat Boleng dan Selat Patar, NTT*. Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya.
- Blunden, L.S., Bahaj, A.S., Aziz, N.S. 2012. "Tidal current power for Indonesia? An initial resource estimation for the Alas Strait". Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews 49 (2013) 137e142
- Bowditch, N. 1995. *The American Practical Navigator an Epitome of Navigation National Imaginary and Mapping Agency*. Bathesda, Maryland.
- Brooks, Cole. 2005. *Geostrophic Current Scheme*, diakses dari <http://www4.ncsu.edu>, pada tanggal 10 November 2014.
- Chen, L. Lam, W. 2014. "A Review of Survivability and Remedial Actions of Tidal Current Turbines". Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews 43 (2015) 891-900.
- Duxbury, A. B., Duxbury, A. C., Sverdrup, K. A. 2002. *Fundamentals of Oceanography*. McGraw Hill. Seattle: Seattle Community College.
- Emily, Rudkin. 2001. *World Energy Council Survey of Energy Resource 2001*.
- Erwandi. 2011. *The Development of Indonesian Vertical Axis Marine Current Turbine for The Tidal Power Generation*. Indonesian Hydrodynamics Laboratory, Surabaya.
- Esteban, M. Leary, D. 2011. "Current Development and Future Prospect of Offshore Wind and Ocean Energy". Elsevier Applied Energy 90 (2011) 128-136.
- Fraenkel, P. 2002. *Power from Marine Currents*. Marine Currents Turbines Ltd.
- Hammar, L., Enhberg, J. 2012. "Renewable Ocean Energy in the Western Indian Ocean". Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 4938-4950.

- Hasan, M. H. Mahlia T. M. I. Nur, H. 2011. "A Review on Energy Scenario and Sustainable Energy in Indonesia". Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews 16 (2012) 2316-2328.
- Khan, N. I., Iqbal, M.T., Hinchey, Michael, Masek dan Vlastimil. 2009. "Performance of Savonius Rotor as a Water Current Turbine". Journal of Ocean Technology. Vol. 4 No. 2, pp. 71-83.
- Mukhtasor. 2012. "Ocean Energy in Indonesia. Ocean Energy Workshop, ASELI, BPPT, JICA, OEAJ and supported by ESDM and NEDO". Jakarta.
- Mukhtasor. 2015. *Mengenal Energi Laut*. Surabaya: ICEES.
- Orhan, K., Mayerle, R., Pandoe, W. A. 2015. "Assesment of energy production potential from tidal stream currents in Indonesia". Elsevier Energy Procedia 76 (2015) 7 – 16.
- Petrescu, V., Sumbasacu, O. 2010. "Comparison Between Numerical Simulation and Measurements of the Pollutant Dispersion in a River Case Study". U.P.B. Sci. Bull, Series D, Vol. 72, Iss. 3.
- Quirapas, M. A. J. R. Brahim, S. Santos, D. 2014. "Ocean Renewable Energy in Southeast Asia: A Review". Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews 41 (2015) 799-817.
- Rahmstorf, S. 2006. *Thermohaline Ocean Circulation*. Encyclopedia of Quaternary Sciences. Amsterdam.
- Rivantoro, F., Arief, I. S. 2015. "Studi Pemilihan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut (Pltal) Menggunakan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP)". Jurnal Teknik ITS Vol. 4, No. 2, (2015) ISSN: 2337-3539.
- Sandro, R. Arnudin. Tussadiah, A. Pridina, N. Afifah, L. N. 2014. "Study of Wind, Tidal Wave and Current Potential in Alas Strait as an Alternative Energy". Elsevier Energy Procedia 47 (2014) 242-249.
- Stewart, R. H. 2002. *Introduction to Physical Oceanography*, Department of Oceanography. Texas: Texas A&M University.
- Sverdrup, K. A., Duxbury, A. C., Duxbury, A. B. 2003. *An Introduction to the World's Oceans*. McGraw Hill. Milwaukee: University of Wisconsin.
- Yulianto, P. 2005. *Justifikasi Pemakaian Model Numerik Dua Dimensi (2D) Transport Sedimen di Muara*. Tesis Program Studi Ilmu Teknik Sipil, Kekhususan

Manajemen Sumber Daya Air, Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik,
Universitas Indonesia. Jakarta

- Yuningsih, A., A. Masduki, B. Rachmat, dan P. Astjario. 2009. *Penelitian Potensi Energi Arus Laut sebagai Pembangkit Listrik bagi Masyarakat Pesisir di Selat Larantuka – Nusa Tenggara Timur*, P3GL, Laporan Intern.
- Zwieten, J.V., Driscoll, F.R., Leonessa, A., dan Deane, G. 2005. “Design of a Prototype Ocean Current Turbine – Part I: Mathematical Modeling and Dynamics Simulation”. *Ocean Engineering*, Vol. 33, hal. 1485 – 1521.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

No	Tanggal	Waktu	Observasi		Simulasi 1		Simulasi 2	
			Elevasi Permukaan (m)	Kecepatan Arus (m/s)	Elevasi Permukaan (m)	Kecepatan Arus (m/s)	Elevasi Permukaan (m)	Kecepatan Arus (m/s)
1	6/9/2006	12:00	-0.21	1.23	0.01	0.66	0.01	0.05
2	6/9/2006	12:30	-0.39	1.33	-0.15	0.76	-0.13	0.25
3	6/9/2006	13:00	-0.56	1.28	-0.31	0.83	-0.31	0.26
4	6/9/2006	13:30	-0.68	1.33	-0.45	0.85	-0.45	0.23
5	6/9/2006	14:00	-0.78	1.52	-0.59	0.85	-0.59	0.12
6	6/9/2006	14:30	-0.83	1.41	-0.70	0.81	-0.70	0.04
7	6/9/2006	15:00	-0.82	1.41	-0.77	0.74	-0.77	0.27
8	6/9/2006	15:30	-0.75	1.29	-0.82	0.64	-0.82	0.46
9	6/9/2006	16:00	-0.67	1.13	-0.81	0.50	-0.81	0.62
10	6/9/2006	16:30	-0.53	1.00	-0.77	0.34	-0.15	0.79
11	6/9/2006	17:00	-0.41	0.81	-0.69	0.47	-0.30	0.86
12	6/9/2006	17:30	-0.25	0.55	-0.59	0.66	-0.45	0.92
13	6/9/2006	18:00	-0.10	0.29	-0.46	0.82	-0.58	0.94
14	6/9/2006	18:30	0.02	0.08	-0.33	0.94	-0.69	0.91
15	6/9/2006	19:00	0.15	0.30	-0.20	1.02	-0.77	0.84
16	6/9/2006	19:30	0.24	0.61	-0.07	1.07	-0.80	0.73
17	6/9/2006	20:00	0.32	0.82	0.03	1.08	-0.80	0.59
18	6/9/2006	20:30	0.38	0.96	0.12	1.05	-0.76	0.42
19	6/9/2006	21:00	0.39	0.92	0.14	0.98	-0.69	0.21
20	6/9/2006	21:30	0.40	0.84	0.18	0.88	-0.58	0.05
21	6/9/2006	22:00	0.40	0.74	0.16	0.74	-0.45	0.27
22	6/9/2006	22:30	0.36	0.61	0.13	0.57	-0.32	0.46
23	6/9/2006	23:00	0.32	0.38	0.09	0.39	-0.18	0.61
24	6/9/2006	23:30	0.26	0.07	0.02	0.53	-0.06	0.70
25	6/10/2006	0:00	0.17	0.37	-0.03	0.75	0.03	0.73
26	6/10/2006	0:30	0.09	0.80	-0.11	0.93	0.11	0.72
27	6/10/2006	1:00	0.01	1.06	-0.16	1.04	0.16	0.64
28	6/10/2006	1:30	-0.07	1.13	-0.22	1.12	0.17	0.52
29	6/10/2006	2:00	-0.10	1.28	-0.25	1.16	0.17	0.33
30	6/10/2006	2:30	-0.13	1.38	-0.26	1.17	0.13	0.11
31	6/10/2006	3:00	-0.09	1.38	-0.26	1.14	0.09	0.23
32	6/10/2006	3:30	-0.03	1.38	-0.22	1.08	0.03	0.52
33	6/10/2006	4:00	0.08	1.08	-0.18	0.98	-0.03	0.74
34	6/10/2006	4:30	0.21	1.05	-0.08	0.86	-0.09	0.91
35	6/10/2006	5:00	0.35	0.93	0.02	0.70	-0.16	1.05
36	6/10/2006	5:30	0.49	0.88	0.15	0.53	-0.20	1.15
37	6/10/2006	6:00	0.65	0.73	0.30	0.36	-0.25	1.20
38	6/10/2006	6:30	0.78	0.48	0.44	0.47	-0.26	1.20
39	6/10/2006	7:00	0.87	0.36	0.59	0.65	-0.25	1.15
40	6/10/2006	7:30	0.94	0.23	0.70	0.77	-0.22	1.05
41	6/10/2006	8:00	0.97	0.15	0.80	0.86	-0.16	0.92
42	6/10/2006	8:30	0.97	0.19	0.85	0.90	-0.09	0.76
43	6/10/2006	9:00	0.94	0.17	0.87	0.91	0.03	0.58
44	6/10/2006	9:30	0.85	0.20	0.85	0.88	0.15	0.37
45	6/10/2006	10:00	0.72	0.07	0.79	0.81	0.30	0.15
46	6/10/2006	10:30	0.59	0.16	0.69	0.71	0.45	0.11
47	6/10/2006	11:00	0.40	0.46	0.55	0.57	0.58	0.34
48	6/10/2006	11:30	0.18	0.84	0.39	0.42	0.71	0.52
49	6/10/2006	12:00	-0.04	1.10	0.21	0.40	0.80	0.64
50	6/10/2006	12:30	-0.28	1.36	0.02	0.58	0.86	0.72
51	6/10/2006	13:00	-0.49	1.52	-0.18	0.73	0.88	0.75
52	6/10/2006	13:30	-0.68	1.55	-0.37	0.83	0.86	0.74
53	6/10/2006	14:00	-0.83	1.41	-0.54	0.87	0.79	0.68
54	6/10/2006	14:30	-0.93	1.49	-0.71	0.88	0.70	0.58
55	6/10/2006	15:00	-1.01	1.67	-0.84	0.85	0.56	0.44

56	6/10/2006	15:30	-0.99	1.46	-0.94	0.78	0.39	0.28
57	6/10/2006	16:00	-0.91	1.35	-1.00	0.67	0.22	0.10
58	6/10/2006	16:30	-0.82	1.32	-1.00	0.53	0.02	0.17
59	6/10/2006	17:00	-0.68	1.18	-0.96	0.35	-0.17	0.35
60	6/10/2006	17:30	-0.51	0.91	-0.87	0.49	-0.36	0.49
61	6/10/2006	18:00	-0.34	0.59	-0.74	0.70	-0.54	0.58
62	6/10/2006	18:30	-0.17	0.38	-0.59	0.88	-0.70	0.61
63	6/10/2006	19:00	-0.01	0.19	-0.43	1.02	-0.84	0.60
64	6/10/2006	19:30	0.12	0.27	-0.26	1.12	-0.93	0.56
65	6/10/2006	20:00	0.24	0.57	-0.12	1.18	-0.99	0.49
66	6/10/2006	20:30	0.32	0.90	0.01	1.20	-0.99	0.38
67	6/10/2006	21:00	0.37	0.92	0.09	1.18	-0.95	0.25
68	6/10/2006	21:30	0.41	0.96	0.16	1.10	-0.86	0.08
69	6/10/2006	22:00	0.42	0.89	0.18	0.99	-0.73	0.11
70	6/10/2006	22:30	0.41	0.80	0.19	0.83	-0.58	0.31
71	6/10/2006	23:00	0.38	0.67	0.16	0.63	-0.41	0.47
72	6/10/2006	23:30	0.32	0.45	0.11	0.40	-0.26	0.59
73	6/11/2006	0:00	0.27	0.18	0.06	0.56	-0.12	0.66
74	6/11/2006	0:30	0.20	0.26	-0.01	0.83	0.01	0.70
75	6/11/2006	1:00	0.10	0.68	-0.07	1.02	0.10	0.69
76	6/11/2006	1:30	0.01	1.02	-0.15	1.16	0.16	0.64
77	6/11/2006	2:00	-0.09	1.24	-0.20	1.25	0.19	0.54
78	6/11/2006	2:30	-0.16	1.37	-0.24	1.30	0.19	0.40
79	6/11/2006	3:00	-0.18	1.52	-0.27	1.32	0.16	0.22
80	6/11/2006	3:30	-0.15	1.47	-0.27	1.29	0.12	0.10
81	6/11/2006	4:00	-0.10	1.51	-0.25	1.22	0.06	0.32
82	6/11/2006	4:30	0.02	1.33	-0.20	1.11	-0.01	0.54
83	6/11/2006	5:00	0.16	1.16	-0.12	0.97	-0.07	0.72
84	6/11/2006	5:30	0.32	1.06	-0.01	0.79	-0.14	0.84
85	6/11/2006	6:00	0.49	1.02	0.13	0.59	-0.20	0.94
86	6/11/2006	6:30	0.66	0.73	0.29	0.38	-0.24	1.00
87	6/11/2006	7:00	0.81	0.57	0.46	0.48	-0.27	1.03
88	6/11/2006	7:30	0.91	0.45	0.62	0.70	-0.27	1.01
89	6/11/2006	8:00	1.00	0.27	0.77	0.86	-0.25	0.95
90	6/11/2006	8:30	1.05	0.16	0.88	0.97	-0.20	0.86
91	6/11/2006	9:00	1.05	0.21	0.95	1.03	-0.12	0.74
92	6/11/2006	9:30	1.01	0.27	0.97	1.05	-0.01	0.59
93	6/11/2006	10:00	0.93	0.31	0.96	1.03	0.14	0.43
94	6/11/2006	10:30	0.78	0.20	0.89	0.96	0.29	0.24
95	6/11/2006	11:00	0.62	0.02	0.79	0.85	0.46	0.06
96	6/11/2006	11:30	0.43	0.29	0.64	0.71	0.62	0.17
97	6/11/2006	12:00	0.19	0.65	0.45	0.53	0.77	0.35
98	6/11/2006	12:30	-0.07	1.03	0.26	0.38	0.88	0.48
99	6/11/2006	13:00	-0.32	1.32	0.04	0.53	0.95	0.56
100	6/11/2006	13:30	-0.58	1.49	-0.18	0.72	0.98	0.61
101	6/11/2006	14:00	-0.82	1.59	-0.39	0.85	0.96	0.62
102	6/11/2006	14:30	-1.01	1.56	-0.60	0.92	0.90	0.58
103	6/11/2006	15:00	-1.14	1.56	-0.77	0.94	0.79	0.52
104	6/11/2006	15:30	-1.21	1.67	-0.95	0.92	0.63	0.42
105	6/11/2006	16:00	-1.22	1.77	-1.06	0.85	0.46	0.29
106	6/11/2006	16:30	-1.14	1.66	-1.14	0.74	0.26	0.15
107	6/11/2006	17:00	-1.03	1.64	-1.15	0.59	0.04	0.09
108	6/11/2006	17:30	-0.85	1.20	-1.11	0.39	-0.16	0.22
109	6/11/2006	18:00	-0.68	0.97	-1.02	0.46	-0.39	0.36
110	6/11/2006	18:30	-0.47	0.60	-0.87	0.70	-0.58	0.45
111	6/11/2006	19:00	-0.27	0.36	-0.70	0.91	-0.77	0.50
112	6/11/2006	19:30	-0.13	0.20	-0.51	1.07	-0.93	0.52
113	6/11/2006	20:00	0.06	0.39	-0.33	1.19	-1.05	0.50
114	6/11/2006	20:30	0.17	0.85	-0.17	1.26	-1.13	0.45

115	6/11/2006	21:00	0.24	1.11	-0.03	1.29	-1.14	0.38
116	6/11/2006	21:30	0.34	1.15	0.08	1.27	-1.10	0.28
117	6/11/2006	22:00	0.38	1.19	0.15	1.19	-1.00	0.16
118	6/11/2006	22:30	0.39	1.11	0.19	1.07	-0.86	0.03
119	6/11/2006	23:00	0.43	1.03	0.19	0.89	-0.69	0.14
120	6/11/2006	23:30	0.39	0.75	0.17	0.66	-0.50	0.28
121	6/12/2006	0:00	0.33	0.46	0.13	0.41	-0.33	0.40
122	6/12/2006	0:30	0.28	0.17	0.08	0.60	-0.16	0.48
123	6/12/2006	1:00	0.19	0.17	0.01	0.89	-0.03	0.54
124	6/12/2006	1:30	0.09	0.62	-0.06	1.10	0.09	0.55
125	6/12/2006	2:00	-0.01	1.10	-0.13	1.26	0.15	0.52
126	6/12/2006	2:30	-0.11	1.26	-0.19	1.37	0.19	0.46
127	6/12/2006	3:00	-0.20	1.44	-0.25	1.44	0.20	0.36
128	6/12/2006	3:30	-0.22	1.59	-0.28	1.47	0.17	0.23
129	6/12/2006	4:00	-0.22	1.53	-0.29	1.44	0.13	0.07
130	6/12/2006	4:30	-0.16	1.70	-0.28	1.36	0.08	0.18
131	6/12/2006	5:00	-0.03	1.50	-0.24	1.24	0.01	0.38
132	6/12/2006	5:30	0.09	1.34	-0.17	1.08	-0.06	0.55
133	6/12/2006	6:00	0.27	1.14	-0.05	0.89	-0.13	0.67
134	6/12/2006	6:30	0.47	1.03	0.09	0.66	-0.19	0.76
135	6/12/2006	7:00	0.63	0.88	0.26	0.42	-0.25	0.83
136	6/12/2006	7:30	0.80	0.75	0.45	0.48	-0.28	0.87
137	6/12/2006	8:00	0.93	0.54	0.63	0.73	-0.29	0.88
138	6/12/2006	8:30	1.02	0.33	0.80	0.91	-0.28	0.85
139	6/12/2006	9:00	1.08	0.16	0.93	1.05	-0.24	0.79
140	6/12/2006	9:30	1.09	0.22	1.02	1.14	-0.16	0.71
141	6/12/2006	10:00	1.07	0.31	1.05	1.17	-0.05	0.60
142	6/12/2006	10:30	0.96	0.40	1.04	1.15	0.10	0.47
143	6/12/2006	11:00	0.83	0.33	0.98	1.09	0.27	0.33
144	6/12/2006	11:30	0.67	0.16	0.88	0.97	0.45	0.16
145	6/12/2006	12:00	0.46	0.16	0.72	0.82	0.64	0.05
146	6/12/2006	12:30	0.23	0.55	0.52	0.63	0.80	0.18
147	6/12/2006	13:00	-0.04	0.99	0.33	0.42	0.93	0.32
148	6/12/2006	13:30	-0.31	1.34	0.08	0.49	1.02	0.42
149	6/12/2006	14:00	-0.60	1.56	-0.14	0.72	1.06	0.49
150	6/12/2006	14:30	-0.86	1.80	-0.37	0.87	1.05	0.52
151	6/12/2006	15:00	-1.07	1.79	-0.59	0.97	0.99	0.52
152	6/12/2006	15:30	-1.23	1.67	-0.79	1.00	0.88	0.48
153	6/12/2006	16:00	-1.30	1.67	-0.99	0.99	0.71	0.42
154	6/12/2006	16:30	-1.34	1.89	-1.12	0.92	0.53	0.34
155	6/12/2006	17:00	-1.28	1.85	-1.23	0.81	0.33	0.24
156	6/12/2006	17:30	-1.13	1.51	-1.25	0.65	0.09	0.12
157	6/12/2006	18:00	-0.96	1.28	-1.22	0.45	-0.13	0.07
158	6/12/2006	18:30	-0.77	1.14	-1.12	0.41	-0.38	0.17
159	6/12/2006	19:00	-0.55	0.83	-0.97	0.69	-0.58	0.28
160	6/12/2006	19:30	-0.36	0.42	-0.79	0.92	-0.79	0.36
161	6/12/2006	20:00	-0.17	0.19	-0.59	1.10	-0.97	0.41
162	6/12/2006	20:30	-0.01	0.26	-0.39	1.24	-1.11	0.44
163	6/12/2006	21:00	0.11	0.61	-0.22	1.33	-1.22	0.42
164	6/12/2006	21:30	0.21	1.11	-0.06	1.37	-1.23	0.39
165	6/12/2006	22:00	0.27	1.28	0.06	1.35	-1.21	0.34
166	6/12/2006	22:30	0.32	1.30	0.15	1.28	-1.11	0.27
167	6/12/2006	23:00	0.35	1.23	0.18	1.15	-0.97	0.19
168	6/12/2006	23:30	0.35	1.08	0.20	0.96	-0.79	0.10
169	6/13/2006	0:00	0.33	0.91	0.18	0.72	-0.58	0.02
170	6/13/2006	0:30	0.29	0.68	0.15	0.44	-0.39	0.11
171	6/13/2006	1:00	0.24	0.38	0.09	0.58	-0.21	0.21
172	6/13/2006	1:30	0.16	0.04	0.03	0.91	-0.06	0.28
173	6/13/2006	2:00	0.07	0.52	-0.04	1.15	0.07	0.32

174	6/13/2006	2:30	-0.03	0.97	-0.11	1.33	0.15	0.32
175	6/13/2006	3:00	-0.13	1.27	-0.18	1.46	0.19	0.30
176	6/13/2006	3:30	-0.21	1.30	-0.25	1.54	0.20	0.25
177	6/13/2006	4:00	-0.27	1.54	-0.29	1.58	0.18	0.16
178	6/13/2006	4:30	-0.25	1.52	-0.31	1.56	0.15	0.05
179	6/13/2006	5:00	-0.20	1.64	-0.31	1.48	0.09	0.11
180	6/13/2006	5:30	-0.12	1.74	-0.28	1.35	0.03	0.26
181	6/13/2006	6:00	0.04	1.57	-0.22	1.18	-0.04	0.41
182	6/13/2006	6:30	0.23	1.33	-0.11	0.97	-0.11	0.53
183	6/13/2006	7:00	0.41	1.13	0.03	0.73	-0.18	0.62
184	6/13/2006	7:30	0.60	1.03	0.22	0.47	-0.25	0.70
185	6/13/2006	8:00	0.77	0.69	0.41	0.45	-0.29	0.75
186	6/13/2006	8:30	0.91	0.42	0.61	0.73	-0.31	0.78
187	6/13/2006	9:00	1.01	0.30	0.79	0.95	-0.31	0.77
188	6/13/2006	9:30	1.07	0.12	0.94	1.10	-0.28	0.75
189	6/13/2006	10:00	1.10	0.28	1.04	1.21	-0.21	0.69
190	6/13/2006	10:30	1.08	0.49	1.09	1.25	-0.11	0.62
191	6/13/2006	11:00	0.99	0.55	1.10	1.25	0.04	0.52
192	6/13/2006	11:30	0.89	0.46	1.04	1.18	0.22	0.41
193	6/13/2006	12:00	0.73	0.28	0.95	1.07	0.41	0.29
194	6/13/2006	12:30	0.52	0.07	0.80	0.91	0.62	0.15
195	6/13/2006	13:00	0.31	0.46	0.59	0.71	0.80	0.04
196	6/13/2006	13:30	0.05	0.91	0.40	0.48	0.95	0.14
197	6/13/2006	14:00	-0.26	1.28	0.15	0.46	1.05	0.26
198	6/13/2006	14:30	-0.55	1.55	-0.07	0.70	1.10	0.35
199	6/13/2006	15:00	-0.84	1.64	-0.32	0.89	1.10	0.41
200	6/13/2006	15:30	-1.08	1.59	-0.55	1.00	1.04	0.44
201	6/13/2006	16:00	-1.29	1.92	-0.75	1.05	0.95	0.44
202	6/13/2006	16:30	-1.41	2.11	-0.95	1.05	0.61	0.41
203	6/13/2006	17:00	-1.42	1.97	-1.12	0.99	0.60	0.37
204	6/13/2006	17:30	-1.35	1.96	-1.25	0.88	0.40	0.30
205	6/13/2006	18:00	-1.23	1.89	-1.29	0.73	0.15	0.21
206	6/13/2006	18:30	-1.06	1.80	-1.27	0.52	-0.06	0.12
207	6/13/2006	19:00	-0.84	1.11	-1.19	0.36	-0.32	0.05
208	6/13/2006	19:30	-0.61	0.80	-1.04	0.64	-0.53	0.12
209	6/13/2006	20:00	-0.40	0.59	-0.86	0.90	-0.75	0.23
210	6/13/2006	20:30	-0.21	0.25	-0.65	1.11	-0.96	0.31
211	6/13/2006	21:00	-0.03	0.27	-0.44	1.26	-1.11	0.36
212	6/13/2006	21:30	0.10	0.74	-0.25	1.37	-1.24	0.40
213	6/13/2006	22:00	0.22	1.03	-0.09	1.43	-1.27	0.41
214	6/13/2006	22:30	0.27	1.26	0.05	1.42	-1.27	0.40
215	6/13/2006	23:00	0.31	1.29	0.14	1.36	-1.18	0.37
216	6/13/2006	23:30	0.34	1.38	0.19	1.24	-1.03	0.33
217	6/14/2006	0:00	0.33	1.25	0.21	1.05	-0.85	0.27
218	6/14/2006	0:30	0.31	1.10	0.19	0.81	-0.64	0.21
219	6/14/2006	1:00	0.30	0.78	0.17	0.52	-0.44	0.13
220	6/14/2006	1:30	0.22	0.32	0.12	0.52	-0.24	0.06
221	6/14/2006	2:00	0.17	0.10	0.05	0.87	-0.08	0.03
222	6/14/2006	2:30	0.07	0.59	-0.01	1.15	0.05	0.09
223	6/14/2006	3:00	-0.04	0.90	-0.09	1.34	0.14	0.14
224	6/14/2006	3:30	-0.13	1.29	-0.16	1.49	0.19	0.17
225	6/14/2006	4:00	-0.22	1.44	-0.23	1.60	0.21	0.16
226	6/14/2006	4:30	-0.29	1.61	-0.29	1.64	0.19	0.13
227	6/14/2006	5:00	-0.29	1.59	-0.32	1.63	0.17	0.08
228	6/14/2006	5:30	-0.24	1.61	-0.33	1.56	0.12	0.01
229	6/14/2006	6:00	-0.16	1.66	-0.32	1.43	0.06	0.11
230	6/14/2006	6:30	-0.03	1.61	-0.27	1.26	-0.01	0.23
231	6/14/2006	7:00	0.15	1.43	-0.17	1.05	-0.09	0.34
232	6/14/2006	7:30	0.34	1.14	-0.05	0.81	-0.16	0.45

233	6/14/2006	8:00	0.53	1.00	0.14	0.53	-0.23	0.53
234	6/14/2006	8:30	0.71	0.80	0.34	0.41	-0.28	0.60
235	6/14/2006	9:00	0.87	0.53	0.54	0.70	-0.32	0.64
236	6/14/2006	9:30	0.98	0.27	0.74	0.95	-0.33	0.67
237	6/14/2006	10:00	1.06	0.13	0.90	1.12	-0.31	0.68
238	6/14/2006	10:30	1.10	0.32	1.02	1.25	-0.27	0.66
239	6/14/2006	11:00	1.10	0.69	1.08	1.31	-0.09	0.62
240	6/14/2006	11:30	1.05	0.74	1.11	1.31	-0.04	0.55
241	6/14/2006	12:00	0.95	0.64	1.06	1.26	0.15	0.47
242	6/14/2006	12:30	0.81	0.45	0.97	1.15	0.34	0.37
243	6/14/2006	13:00	0.64	0.17	0.84	1.00	0.55	0.26
244	6/14/2006	13:30	0.43	0.18	0.67	0.79	0.74	0.14
245	6/14/2006	14:00	0.19	0.68	0.47	0.56	0.90	0.04
246	6/14/2006	14:30	-0.10	1.17	0.24	0.43	1.03	0.14
247	6/14/2006	15:00	-0.39	1.54	0.01	0.66	1.09	0.26
248	6/14/2006	15:30	-0.67	1.67	-0.23	0.88	1.11	0.34
249	6/14/2006	16:00	-0.94	1.76	-0.46	1.01	1.07	0.40
250	6/14/2006	16:30	-1.14	1.80	-0.68	1.07	0.98	0.44
251	6/14/2006	17:00	-1.30	2.13	-0.89	1.07	0.85	0.45
252	6/14/2006	17:30	-1.38	2.07	-1.07	1.03	0.67	0.43
253	6/14/2006	18:00	-1.34	1.93	-1.21	0.93	0.47	0.39
254	6/14/2006	18:30	-1.23	1.83	-1.28	0.78	0.24	0.34
255	6/14/2006	19:00	-1.08	1.73	-1.28	0.58	0.02	0.26
256	6/14/2006	19:30	-0.87	1.41	-1.21	0.35	-0.23	0.17
257	6/14/2006	20:00	-0.65	1.13	-1.08	0.60	-0.45	0.07
258	6/14/2006	20:30	-0.44	0.71	-0.90	0.88	-0.68	0.08
259	6/14/2006	21:00	-0.25	0.34	-0.68	1.11	-0.88	0.20
260	6/14/2006	21:30	-0.09	0.21	-0.47	1.28	-1.06	0.30
261	6/14/2006	22:00	0.04	0.74	-0.27	1.41	-1.20	0.39
262	6/14/2006	22:30	0.15	1.13	-0.11	1.48	-1.27	0.45
263	6/14/2006	23:00	0.23	1.29	0.04	1.50	-1.27	0.47
264	6/14/2006	23:30	0.27	1.44	0.14	1.45	-1.20	0.48
265	6/15/2006	0:00	0.29	1.43	0.20	1.33	-1.07	0.47
266	6/15/2006	0:30	0.30	1.32	0.22	1.16	-0.89	0.44
267	6/15/2006	1:00	0.27	1.15	0.21	0.92	-0.68	0.40
268	6/15/2006	1:30	0.25	0.89	0.19	0.63	-0.47	0.34
269	6/15/2006	2:00	0.23	0.54	0.15	0.45	-0.27	0.28
270	6/15/2006	2:30	0.15	0.09	0.09	0.78	-0.10	0.20
271	6/15/2006	3:00	0.09	0.40	0.03	1.09	0.04	0.13
272	6/15/2006	3:30	0.00	0.92	-0.05	1.31	0.14	0.05
273	6/15/2006	4:00	-0.11	1.23	-0.12	1.47	0.20	0.03
274	6/15/2006	4:30	-0.20	1.52	-0.20	1.59	0.22	0.07
275	6/15/2006	5:00	-0.26	1.56	-0.26	1.66	0.22	0.10
276	6/15/2006	5:30	-0.30	1.72	-0.30	1.66	0.20	0.10
277	6/15/2006	6:00	-0.27	1.72	-0.33	1.60	0.15	0.08
278	6/15/2006	6:30	-0.20	1.66	-0.34	1.49	0.10	0.03
279	6/15/2006	7:00	-0.08	1.50	-0.31	1.33	0.03	0.05
280	6/15/2006	7:30	0.07	1.63	-0.24	1.12	-0.04	0.14
281	6/15/2006	8:00	0.24	1.34	-0.11	0.88	-0.12	0.25
282	6/15/2006	8:30	0.44	1.12	0.04	0.61	-0.20	0.35
283	6/15/2006	9:00	0.64	0.80	0.24	0.38	-0.26	0.45
284	6/15/2006	9:30	0.77	0.43	0.43	0.64	-0.30	0.52
285	6/15/2006	10:00	0.92	0.24	0.63	0.90	-0.33	0.58
286	6/15/2006	10:30	1.01	0.10	0.80	1.10	-0.33	0.61
287	6/15/2006	11:00	1.05	0.30	0.93	1.23	-0.31	0.63
288	6/15/2006	11:30	1.07	0.58	1.02	1.31	-0.24	0.62
289	6/15/2006	12:00	1.03	0.82	1.05	1.33	-0.11	0.59
290	6/15/2006	12:30	0.95	0.78	1.04	1.30	0.04	0.53
291	6/15/2006	13:00	0.86	0.63	0.96	1.20	0.24	0.46

292	6/15/2006	13:30	0.71	0.42	0.86	1.05	0.43	0.36
293	6/15/2006	14:00	0.52	0.12	0.71	0.86	0.63	0.25
294	6/15/2006	14:30	0.31	0.34	0.51	0.62	0.80	0.12
295	6/15/2006	15:00	0.06	0.88	0.33	0.42	0.93	0.04
296	6/15/2006	15:30	-0.23	1.26	0.09	0.61	1.02	0.17
297	6/15/2006	16:00	-0.52	1.66	-0.12	0.85	1.05	0.29
298	6/15/2006	16:30	-0.77	1.76	-0.35	1.01	1.04	0.39
299	6/15/2006	17:00	-1.01	1.76	-0.56	1.09	0.97	0.46
300	6/15/2006	17:30	-1.18	1.90	-0.76	1.12	0.87	0.50
301	6/15/2006	18:00	-1.27	2.08	-0.96	1.21	0.70	0.51
302	6/15/2006	18:30	-1.31	2.19	-1.09	1.33	0.51	0.49
303	6/15/2006	19:00	-1.21	1.95	-1.19	0.90	0.33	0.45
304	6/15/2006	19:30	-1.07	1.75	-1.21	0.69	0.09	0.39
305	6/15/2006	20:00	-0.89	1.57	-1.17	0.45	-0.11	0.30
306	6/15/2006	20:30	-0.69	1.32	-1.06	0.47	-0.35	0.19
307	6/15/2006	21:00	-0.46	1.00	-0.89	0.77	-0.55	0.07
308	6/15/2006	21:30	-0.27	0.51	-0.70	1.02	-0.75	0.12
309	6/15/2006	22:00	-0.11	0.07	-0.48	1.22	-0.95	0.27
310	6/15/2006	22:30	0.01	0.57	-0.29	1.37	-1.08	0.40
311	6/15/2006	23:00	0.14	1.00	-0.11	1.47	-1.19	0.50
312	6/15/2006	23:30	0.21	1.26	0.03	1.51	-1.19	0.56
313	6/16/2006	0:00	0.28	1.36	0.15	1.48	-1.16	0.59
314	6/16/2006	0:30	0.30	1.43	0.22	1.39	-1.05	0.61
315	6/16/2006	1:00	0.32	1.15	0.25	1.24	-0.88	0.59
316	6/16/2006	1:30	0.32	1.05	0.25	1.03	-0.69	0.56
317	6/16/2006	2:00	0.30	0.88	0.24	0.76	-0.48	0.51
318	6/16/2006	2:30	0.28	0.68	0.20	0.44	-0.29	0.44
319	6/16/2006	3:00	0.24	0.39	0.15	0.62	-0.11	0.36
320	6/16/2006	3:30	0.17	0.06	0.09	0.97	0.03	0.26
321	6/16/2006	4:00	0.08	0.54	0.02	1.22	0.15	0.16
322	6/16/2006	4:30	-0.02	0.99	-0.05	1.40	0.22	0.05
323	6/16/2006	5:00	-0.14	1.21	-0.13	1.53	0.25	0.06
324	6/16/2006	5:30	-0.22	1.53	-0.20	1.62	0.25	0.14
325	6/16/2006	6:00	-0.28	1.67	-0.25	1.65	0.24	0.20
326	6/16/2006	6:30	-0.29	1.68	-0.28	1.61	0.21	0.22
327	6/16/2006	7:00	-0.23	1.55	-0.30	1.53	0.16	0.21
328	6/16/2006	7:30	-0.15	1.65	-0.28	1.39	0.10	0.18
329	6/16/2006	8:00	-0.02	1.55	-0.24	1.20	0.03	0.12
330	6/16/2006	8:30	0.12	1.45	-0.15	0.99	-0.05	0.03
331	6/16/2006	9:00	0.29	1.13	-0.01	0.74	-0.13	0.09
332	6/16/2006	9:30	0.48	1.03	0.15	0.46	-0.19	0.21
333	6/16/2006	10:00	0.62	0.86	0.34	0.47	-0.25	0.34
334	6/16/2006	10:30	0.76	0.57	0.51	0.75	-0.28	0.44
335	6/16/2006	11:00	0.87	0.20	0.69	0.96	-0.30	0.52
336	6/16/2006	11:30	0.94	0.14	0.81	1.11	-0.28	0.57
337	6/16/2006	12:00	0.99	0.34	0.90	1.20	-0.24	0.60
338	6/16/2006	12:30	0.98	0.67	0.95	1.23	-0.15	0.60
339	6/16/2006	13:00	0.93	0.71	0.95	1.21	-0.01	0.58
340	6/16/2006	13:30	0.85	0.59	0.90	1.12	0.15	0.52
341	6/16/2006	14:00	0.73	0.35	0.81	0.98	0.34	0.44
342	6/16/2006	14:30	0.58	0.08	0.69	0.79	0.51	0.33
343	6/16/2006	15:00	0.39	0.32	0.54	0.55	0.69	0.20
344	6/16/2006	15:30	0.16	0.85	0.37	0.44	0.81	0.05
345	6/16/2006	16:00	-0.08	1.25	0.19	0.70	0.90	0.13
346	6/16/2006	16:30	-0.37	1.68	0.00	0.93	0.96	0.28
347	6/16/2006	17:00	-0.60	1.77	-0.20	1.08	0.95	0.41
348	6/16/2006	17:30	-0.83	1.79	-0.40	1.16	0.91	0.51
349	6/16/2006	18:00	-1.03	1.86	-0.59	1.18	0.82	0.57
350	6/16/2006	18:30	-1.16	2.10	-0.77	1.15	0.70	0.61

351	6/16/2006	19:00	-1.20	2.08	-0.92	1.07	0.55	0.61
352	6/16/2006	19:30	-1.15	1.92	-1.03	0.95	0.38	0.58
353	6/16/2006	20:00	-1.04	1.90	-1.09	0.77	0.20	0.52
354	6/16/2006	20:30	-0.89	1.68	-1.07	0.55	0.01	0.42
355	6/16/2006	21:00	-0.67	1.38	-1.00	0.37	-0.20	0.30
356	6/16/2006	21:30	-0.48	1.14	-0.87	0.64	-0.39	0.15
357	6/16/2006	22:00	-0.30	0.78	-0.69	0.91	-0.58	0.10
358	6/16/2006	22:30	-0.12	0.35	-0.50	1.12	-0.76	0.27
359	6/16/2006	23:00	0.01	0.18	-0.30	1.29	-0.91	0.44
360	6/16/2006	23:30	0.13	0.65	-0.11	1.42	-1.03	0.58
361	6/17/2006	0:00	0.22	1.02	0.04	1.49	-1.08	0.66
362	6/17/2006	0:30	0.27	1.25	0.17	1.50	-1.07	0.72
363	6/17/2006	1:00	0.32	1.31	0.25	1.45	-0.99	0.75
364	6/17/2006	1:30	0.34	1.29	0.30	1.34	-0.86	0.75
365	6/17/2006	2:00	0.35	1.16	0.32	1.17	-0.69	0.72
366	6/17/2006	2:30	0.34	1.00	0.31	0.94	-0.49	0.67
367	6/17/2006	3:00	0.33	0.84	0.29	0.66	-0.29	0.58
368	6/17/2006	3:30	0.30	0.56	0.25	0.45	-0.10	0.48
369	6/17/2006	4:00	0.26	0.23	0.19	0.72	0.05	0.36
370	6/17/2006	4:30	0.18	0.23	0.12	1.02	0.18	0.22
371	6/17/2006	5:00	0.09	0.71	0.04	1.23	0.27	0.07
372	6/17/2006	5:30	-0.02	1.10	-0.03	1.37	0.32	0.09
373	6/17/2006	6:00	-0.12	1.38	-0.11	1.47	0.34	0.22
374	6/17/2006	6:30	-0.20	1.42	-0.18	1.52	0.33	0.32
375	6/17/2006	7:00	-0.25	1.56	-0.24	1.52	0.31	0.38
376	6/17/2006	7:30	-0.23	1.54	-0.28	1.46	0.27	0.40
377	6/17/2006	8:00	-0.18	1.55	-0.31	1.35	0.21	0.39
378	6/17/2006	8:30	-0.13	1.60	-0.30	1.20	0.15	0.35
379	6/17/2006	9:00	0.00	1.44	-0.25	1.00	0.07	0.27
380	6/17/2006	9:30	0.15	1.18	-0.16	0.77	-0.01	0.17
381	6/17/2006	10:00	0.27	0.97	-0.04	0.51	-0.09	0.05
382	6/17/2006	10:30	0.44	0.75	0.11	0.42	-0.16	0.13
383	6/17/2006	11:00	0.57	0.53	0.28	0.71	-0.22	0.29
384	6/17/2006	11:30	0.65	0.23	0.44	0.93	-0.27	0.42
385	6/17/2006	12:00	0.76	0.13	0.58	1.10	-0.30	0.51
386	6/17/2006	12:30	0.79	0.26	0.69	1.21	-0.30	0.57
387	6/17/2006	13:00	0.82	0.52	0.76	1.27	-0.26	0.59
388	6/17/2006	13:30	0.82	0.76	0.79	1.28	-0.17	0.59
389	6/17/2006	14:00	0.75	0.70	0.78	1.23	-0.05	0.55
390	6/17/2006	14:30	0.69	0.54	0.73	1.12	0.11	0.48
391	6/17/2006	15:00	0.58	0.27	0.64	0.97	0.28	0.38
392	6/17/2006	15:30	0.44	0.04	0.53	0.77	0.45	0.24
393	6/17/2006	16:00	0.27	0.40	0.40	0.53	0.61	0.08
394	6/17/2006	16:30	0.09	0.86	0.25	0.45	0.74	0.12
395	6/17/2006	17:00	-0.15	1.26	0.09	0.69	0.85	0.31
396	6/17/2006	17:30	-0.38	1.71	-0.08	0.90	0.93	0.47
397	6/17/2006	18:00	-0.57	1.77	-0.25	1.03	1.01	0.60
398	6/17/2006	18:30	-0.76	1.69	-0.42	1.09	1.17	0.68
399	6/17/2006	19:00	-0.89	1.75	-0.57	1.10	1.78	0.73
400	6/17/2006	19:30	-0.98	1.90	-0.72	1.07	0.54	0.75
401	6/17/2006	20:00	-1.00	1.90	-0.83	0.98	0.41	0.72
402	6/17/2006	20:30	-0.94	1.88	-0.90	0.86	0.26	0.65
403	6/17/2006	21:00	-0.82	1.74	-0.92	0.68	0.09	0.55
404	6/17/2006	21:30	-0.65	1.54	-0.88	0.46	-0.08	0.41
405	6/17/2006	22:00	-0.48	1.28	-0.79	0.43	-0.25	0.23
406	6/17/2006	22:30	-0.30	0.81	-0.65	0.71	-0.41	0.10
407	6/17/2006	23:00	-0.12	0.41	-0.49	0.95	-0.57	0.28
408	6/17/2006	23:30	0.02	0.05	-0.31	1.14	-0.71	0.50
409	6/18/2006	0:00	0.14	0.39	-0.13	1.29	-0.82	0.67

410	6/18/2006	0:30	0.24	0.76	0.03	1.38	-0.90	0.77
411	6/18/2006	1:00	0.32	1.09	0.16	1.43	-0.92	0.85
412	6/18/2006	1:30	0.37	1.25	0.26	1.42	-0.88	0.89
413	6/18/2006	2:00	0.41	1.24	0.33	1.35	-0.79	0.90
414	6/18/2006	2:30	0.45	1.15	0.36	1.22	-0.65	0.87
415	6/18/2006	3:00	0.47	1.10	0.37	1.05	-0.48	0.81
416	6/18/2006	3:30	0.46	0.91	0.36	0.81	-0.30	0.71
417	6/18/2006	4:00	0.43	0.64	0.33	0.54	-0.12	0.58
418	6/18/2006	4:30	0.40	0.33	0.28	0.49	0.03	0.44
419	6/18/2006	5:00	0.32	0.09	0.22	0.80	0.16	0.26
420	6/18/2006	5:30	0.23	0.49	0.15	1.06	0.26	0.08
421	6/18/2006	6:00	0.14	0.92	0.07	1.23	0.33	0.13
422	6/18/2006	6:30	0.00	1.20	-0.01	1.35	0.36	0.30
423	6/18/2006	7:00	-0.09	1.36	-0.10	1.42	0.37	0.44
424	6/18/2006	7:30	-0.17	1.44	-0.17	1.45	0.36	0.52
425	6/18/2006	8:00	-0.26	1.54	-0.23	1.43	0.33	0.57
426	6/18/2006	8:30	-0.23	1.50	-0.28	1.36	0.28	0.58
427	6/18/2006	9:00	-0.22	1.46	-0.31	1.24	0.22	0.54
428	6/18/2006	9:30	-0.19	1.50	-0.31	1.09	0.15	0.47
429	6/18/2006	10:00	-0.07	1.35	-0.27	0.89	0.07	0.37
430	6/18/2006	10:30	0.01	1.00	-0.20	0.66	-0.01	0.23
431	6/18/2006	11:00	0.13	0.85	-0.09	0.41	-0.10	0.08
432	6/18/2006	11:30	0.28	0.71	0.04	0.50	-0.17	0.15
433	6/18/2006	12:00	0.36	0.45	0.17	0.76	-0.23	0.33
434	6/18/2006	12:30	0.46	0.26	0.30	0.95	-0.28	0.47
435	6/18/2006	13:00	0.53	0.26	0.42	1.09	-0.31	0.56
436	6/18/2006	13:30	0.56	0.39	0.50	1.18	-0.31	0.61
437	6/18/2006	14:00	0.58	0.70	0.55	1.21	-0.27	0.62
438	6/18/2006	14:30	0.58	0.73	0.58	1.20	-0.19	0.58
439	6/18/2006	15:00	0.54	0.63	0.57	1.13	-0.09	0.52
440	6/18/2006	15:30	0.49	0.53	0.53	1.01	0.04	0.41
441	6/18/2006	16:00	0.41	0.34	0.46	0.85	0.18	0.27
442	6/18/2006	16:30	0.29	0.04	0.37	0.65	0.31	0.09
443	6/18/2006	17:00	0.17	0.35	0.27	0.42	0.42	0.13
444	6/18/2006	17:30	0.02	0.72	0.14	0.52	0.50	0.35
445	6/18/2006	18:00	-0.18	1.06	0.01	0.76	0.56	0.54
446	6/18/2006	18:30	-0.36	1.40	-0.11	0.93	0.58	0.69
447	6/18/2006	19:00	-0.52	1.51	-0.25	1.04	0.57	0.79
448	6/18/2006	19:30	-0.67	1.65	-0.37	1.09	0.53	0.85
449	6/18/2006	20:00	-0.78	1.84	-0.50	1.09	0.46	0.87
450	6/18/2006	20:30	-0.83	1.82	-0.60	1.05	0.38	0.85
451	6/18/2006	21:00	-0.82	1.82	-0.68	0.97	0.27	0.77
452	6/18/2006	21:30	-0.78	1.71	-0.72	0.85	0.14	0.66
453	6/18/2006	22:00	-0.65	1.55	-0.72	0.69	0.02	0.49
454	6/18/2006	22:30	-0.50	1.30	-0.67	0.49	-0.11	0.29
455	6/18/2006	23:00	-0.36	1.16	-0.58	0.38	-0.24	0.11
456	6/18/2006	23:30	-0.18	0.90	-0.45	0.63	-0.37	0.32
457	6/19/2006	0:00	0.00	0.67	-0.30	0.86	-0.49	0.57
458	6/19/2006	0:30	0.12	0.32	-0.14	1.03	-0.59	0.75
459	6/19/2006	1:00	0.26	0.05	0.02	1.16	-0.67	0.88
460	6/19/2006	1:30	0.36	0.34	0.16	1.25	-0.71	0.97
461	6/19/2006	2:00	0.45	0.80	0.27	1.28	-0.71	1.03
462	6/19/2006	2:30	0.51	0.95	0.36	1.27	-0.67	1.04
463	6/19/2006	3:00	0.54	0.93	0.42	1.20	-0.57	1.02
464	6/19/2006	3:30	0.57	0.88	0.45	1.09	-0.45	0.95
465	6/19/2006	4:00	0.58	0.82	0.47	0.92	-0.29	0.84
466	6/19/2006	4:30	0.56	0.54	0.45	0.71	-0.13	0.69
467	6/19/2006	5:00	0.52	0.29	0.42	0.46	0.02	0.52
468	6/19/2006	5:30	0.48	0.06	0.37	0.51	0.16	0.32

469	6/19/2006	6:00	0.38	0.51	0.31	0.79	0.28	0.11
470	6/19/2006	6:30	0.27	0.85	0.23	1.00	0.37	0.15
471	6/19/2006	7:00	0.14	1.12	0.14	1.15	0.43	0.36
472	6/19/2006	7:30	-0.03	1.42	0.05	1.24	0.46	0.52
473	6/19/2006	8:00	-0.15	1.48	-0.05	1.29	0.48	0.64
474	6/19/2006	8:30	-0.26	1.67	-0.14	1.30	0.46	0.71
475	6/19/2006	9:00	-0.35	1.72	-0.22	1.26	0.43	0.73
476	6/19/2006	9:30	-0.36	1.53	-0.30	1.19	0.38	0.70
477	6/19/2006	10:00	-0.35	1.47	-0.35	1.07	0.32	0.64
478	6/19/2006	10:30	-0.32	1.49	-0.37	0.91	0.24	0.53
479	6/19/2006	11:00	-0.26	1.32	-0.35	0.71	0.15	0.38
480	6/19/2006	11:30	-0.15	1.18	-0.30	0.49	0.05	0.20
481	6/19/2006	12:00	-0.05	1.01	-0.22	0.40	-0.05	0.10
482	6/19/2006	12:30	0.05	0.87	-0.12	0.66	-0.13	0.28
483	6/19/2006	13:00	0.15	0.59	-0.01	0.88	-0.22	0.46
484	6/19/2006	13:30	0.24	0.37	0.11	1.04	-0.30	0.59
485	6/19/2006	14:00	0.31	0.20	0.21	1.16	-0.35	0.65
486	6/19/2006	14:30	0.37	0.20	0.29	1.23	-0.37	0.67
487	6/19/2006	15:00	0.40	0.28	0.35	1.25	-0.35	0.65
488	6/19/2006	15:30	0.41	0.40	0.37	1.23	-0.30	0.58
489	6/19/2006	16:00	0.40	0.46	0.38	1.15	-0.22	0.47
490	6/19/2006	16:30	0.38	0.34	0.36	1.03	-0.12	0.32
491	6/19/2006	17:00	0.31	0.13	0.33	0.87	-0.01	0.13
492	6/19/2006	17:30	0.24	0.18	0.25	0.68	0.11	0.11
493	6/19/2006	18:00	0.14	0.54	0.19	0.47	0.21	0.36
494	6/19/2006	18:30	0.00	0.82	0.09	0.45	0.29	0.57
495	6/19/2006	19:00	-0.14	1.14	-0.01	0.66	0.35	0.74
496	6/19/2006	19:30	-0.28	1.44	-0.10	0.83	0.37	0.86
497	6/19/2006	20:00	-0.41	1.60	-0.22	0.94	0.39	0.93
498	6/19/2006	20:30	-0.52	1.54	-0.29	1.00	0.37	0.96
499	6/19/2006	21:00	-0.59	1.60	-0.40	1.02	0.33	0.94
500	6/19/2006	21:30	-0.65	1.74	-0.46	0.99	0.25	0.87
501	6/19/2006	22:00	-0.62	1.73	-0.52	0.93	0.19	0.74
502	6/19/2006	22:30	-0.55	1.57	-0.55	0.83	0.09	0.56
503	6/19/2006	23:00	-0.45	1.41	-0.53	0.70	0.00	0.33
504	6/19/2006	23:30	-0.32	1.47	-0.49	0.53	-0.10	0.12
505	6/20/2006	0:00	-0.17	1.29	-0.40	0.35	-0.21	0.34
506	6/20/2006	0:30	-0.03	1.16	-0.30	0.52	-0.29	0.62
507	6/20/2006	1:00	0.13	0.81	-0.16	0.74	-0.39	0.83
508	6/20/2006	1:30	0.27	0.43	-0.02	0.90	-0.46	0.98
509	6/20/2006	2:00	0.40	0.15	0.12	1.03	-0.52	1.09
510	6/20/2006	2:30	0.50	0.09	0.25	1.11	-0.54	1.16
511	6/20/2006	3:00	0.59	0.33	0.35	1.15	-0.53	1.19
512	6/20/2006	3:30	0.67	0.53	0.45	1.14	-0.49	1.16
513	6/20/2006	4:00	0.69	0.69	0.50	1.09	-0.40	1.08
514	6/20/2006	4:30	0.71	0.65	0.55	0.99	-0.29	0.96
515	6/20/2006	5:00	0.72	0.53	0.56	0.86	-0.15	0.80
516	6/20/2006	5:30	0.68	0.30	0.54	0.68	-0.01	0.60
517	6/20/2006	6:00	0.64	0.07	0.51	0.47	0.12	0.38
518	6/20/2006	6:30	0.55	0.31	0.45	0.45	0.25	0.14
519	6/20/2006	7:00	0.44	0.73	0.39	0.69	0.36	0.15
520	6/20/2006	7:30	0.29	1.07	0.29	0.89	0.45	0.40
521	6/20/2006	8:00	0.12	1.27	0.19	1.03	0.51	0.59
522	6/20/2006	8:30	-0.04	1.52	0.09	1.11	0.55	0.72
523	6/20/2006	9:00	-0.19	1.68	-0.03	1.16	0.56	0.81
524	6/20/2006	9:30	-0.30	1.61	-0.13	1.17	0.54	0.85
525	6/20/2006	10:00	-0.40	1.56	-0.24	1.15	0.51	0.83
526	6/20/2006	10:30	-0.47	1.50	-0.32	1.09	0.45	0.76
527	6/20/2006	11:00	-0.50	1.61	-0.40	0.98	0.39	0.65

528	6/20/2006	11:30	-0.49	1.48	-0.44	0.85	0.29	0.49
529	6/20/2006	12:00	-0.44	1.37	-0.45	0.68	0.20	0.30
530	6/20/2006	12:30	-0.36	1.22	-0.43	0.47	0.09	0.10
531	6/20/2006	13:00	-0.27	1.15	-0.37	0.38	-0.02	0.24
532	6/20/2006	13:30	-0.18	0.91	-0.30	0.62	-0.13	0.46
533	6/20/2006	14:00	-0.08	0.61	-0.21	0.81	-0.23	0.61
534	6/20/2006	14:30	0.00	0.45	-0.11	0.96	-0.32	0.70
535	6/20/2006	15:00	0.09	0.28	-0.02	1.07	-0.39	0.73
536	6/20/2006	15:30	0.16	0.23	0.06	1.14	-0.43	0.71
537	6/20/2006	16:00	0.22	0.24	0.12	1.15	-0.45	0.65
538	6/20/2006	16:30	0.26	0.24	0.17	1.13	-0.42	0.54
539	6/20/2006	17:00	0.28	0.23	0.21	1.06	-0.37	0.48
540	6/20/2006	17:30	0.27	0.18	0.23	0.96	-0.30	0.39
541	6/20/2006	18:00	0.24	0.17	0.19	0.34	-0.20	0.48
542	6/20/2006	18:30	0.20	0.21	0.17	0.40	-0.11	0.50
543	6/20/2006	19:00	0.13	0.49	0.13	0.44	-0.02	0.58
544	6/20/2006	19:30	0.04	0.74	0.05	0.46	0.06	0.77
545	6/20/2006	20:00	-0.04	1.11	0.01	0.67	0.13	0.91
546	6/20/2006	20:30	-0.15	1.40	-0.09	0.84	0.18	1.00
547	6/20/2006	21:00	-0.26	1.39	-0.15	0.96	0.21	1.04
548	6/20/2006	21:30	-0.33	1.33	-0.23	1.03	0.23	1.03
549	6/20/2006	22:00	-0.39	1.45	-0.29	1.06	0.19	0.95
550	6/20/2006	22:30	-0.44	1.54	-0.34	1.05	0.18	0.82
551	6/20/2006	23:00	-0.44	1.57	-0.39	1.01	0.12	0.64
552	6/20/2006	23:30	-0.37	1.51	-0.38	0.94	0.06	0.40
553	6/21/2006	0:00	-0.31	1.51	-0.39	0.83	0.01	0.12
554	6/21/2006	0:30	-0.20	1.31	-0.34	0.70	-0.09	0.32
555	6/21/2006	1:00	-0.05	1.21	-0.27	0.54	-0.14	0.64
556	6/21/2006	1:30	0.07	1.03	-0.17	0.36	-0.23	0.88
557	6/21/2006	2:00	0.21	0.84	-0.05	0.47	-0.28	1.05
558	6/21/2006	2:30	0.35	0.57	0.07	0.66	-0.34	1.18
559	6/21/2006	3:00	0.48	0.36	0.21	0.80	-0.38	1.26
560	6/21/2006	3:30	0.58	0.21	0.33	0.90	-0.38	1.30
561	6/21/2006	4:00	0.69	0.09	0.45	0.96	-0.38	1.27
562	6/21/2006	4:30	0.77	0.14	0.54	0.97	-0.33	1.19
563	6/21/2006	5:00	0.81	0.25	0.61	0.95	-0.27	1.06
564	6/21/2006	5:30	0.85	0.29	0.66	0.89	-0.16	0.89
565	6/21/2006	6:00	0.83	0.21	0.67	0.79	-0.05	0.69
566	6/21/2006	6:30	0.80	0.08	0.66	0.65	0.08	0.45
567	6/21/2006	7:00	0.72	0.19	0.62	0.49	0.22	0.19
568	6/21/2006	7:30	0.60	0.50	0.56	0.38	0.33	0.12
569	6/21/2006	8:00	0.47	0.91	0.48	0.56	0.45	0.40
570	6/21/2006	8:30	0.28	1.24	0.37	0.75	0.54	0.62
571	6/21/2006	9:00	0.10	1.40	0.26	0.89	0.62	0.78
572	6/21/2006	9:30	-0.08	1.46	0.12	0.99	0.66	0.89
573	6/21/2006	10:00	-0.27	1.40	-0.01	1.04	0.67	0.93
574	6/21/2006	10:30	-0.42	1.31	-0.15	1.05	0.67	0.93
575	6/21/2006	11:00	-0.57	1.67	-0.28	1.04	0.62	0.86
576	6/21/2006	11:30	-0.66	1.71	-0.40	0.99	0.57	0.75
577	6/21/2006	12:00	-0.72	1.78	-0.50	0.90	0.48	0.59
578	6/21/2006	12:30	-0.70	1.62	-0.57	0.78	0.38	0.38
579	6/21/2006	13:00	-0.68	1.46	-0.61	0.62	0.26	0.15
580	6/21/2006	13:30	-0.62	1.39	-0.61	0.43	0.13	0.20
581	6/21/2006	14:00	-0.53	1.24	-0.58	0.40	-0.01	0.44
582	6/21/2006	14:30	-0.42	0.98	-0.51	0.63	-0.15	0.63
583	6/21/2006	15:00	-0.31	0.79	-0.43	0.81	-0.27	0.73
584	6/21/2006	15:30	-0.21	0.62	-0.33	0.96	-0.39	0.78
585	6/21/2006	16:00	-0.10	0.49	-0.23	1.06	-0.49	0.78
586	6/21/2006	16:30	0.00	0.45	-0.13	1.13	-0.56	0.71

587	6/21/2006	17:00	0.07	0.33	-0.05	1.15	-0.60	0.61
588	6/21/2006	17:30	0.15	0.19	0.03	1.14	-0.60	0.46
589	6/21/2006	18:00	0.18	0.18	0.10	1.08	-0.57	0.26
590	6/21/2006	18:30	0.21	0.15	0.11	0.98	-0.51	0.05
591	6/21/2006	19:00	0.22	0.21	0.13	0.85	-0.43	0.30
592	6/21/2006	19:30	0.19	0.46	0.13	0.69	-0.33	0.56
593	6/21/2006	20:00	0.16	0.64	0.09	0.50	-0.23	0.78
594	6/21/2006	20:30	0.09	0.91	0.08	0.42	-0.13	0.94
595	6/21/2006	21:00	0.02	1.01	0.00	0.61	-0.04	1.05
596	6/21/2006	21:30	-0.07	1.04	-0.03	0.81	0.03	1.10
597	6/21/2006	22:00	-0.15	1.15	-0.11	0.95	0.11	1.10
598	6/21/2006	22:30	-0.22	1.34	-0.17	1.04	0.11	1.04
599	6/21/2006	23:00	-0.28	1.33	-0.21	1.09	0.14	0.91
600	6/21/2006	23:30	-0.32	1.45	-0.28	1.11	0.13	0.73
601	6/22/2006	0:00	-0.31	1.41	-0.28	1.09	0.09	0.48
602	6/22/2006	0:30	-0.29	1.51	-0.31	1.04	0.08	0.19
603	6/22/2006	1:00	-0.23	1.45	-0.28	0.96	0.00	0.26
604	6/22/2006	1:30	-0.13	1.29	-0.25	0.85	-0.03	0.61
605	6/22/2006	2:00	0.00	1.34	-0.19	0.71	-0.11	0.87
606	6/22/2006	2:30	0.13	1.11	-0.09	0.55	-0.16	1.07
607	6/22/2006	3:00	0.26	0.96	0.01	0.38	-0.22	1.21
608	6/22/2006	3:30	0.42	0.76	0.15	0.44	-0.27	1.31
609	6/22/2006	4:00	0.54	0.62	0.27	0.61	-0.28	1.36
610	6/22/2006	4:30	0.67	0.49	0.42	0.75	-0.31	1.35
611	6/22/2006	5:00	0.77	0.53	0.53	0.84	-0.28	1.27
612	6/22/2006	5:30	0.85	0.53	0.64	0.88	-0.25	1.14
613	6/22/2006	6:00	0.88	0.42	0.72	0.89	-0.18	0.98
614	6/22/2006	6:30	0.91	0.30	0.77	0.87	-0.09	0.77
615	6/22/2006	7:00	0.89	0.25	0.80	0.80	0.02	0.53
616	6/22/2006	7:30	0.83	0.51	0.77	0.71	0.15	0.25
617	6/22/2006	8:00	0.74	0.79	0.74	0.58	0.28	0.09
618	6/22/2006	8:30	0.60	0.94	0.66	0.43	0.42	0.38
619	6/22/2006	9:00	0.43	1.09	0.55	0.39	0.53	0.62
620	6/22/2006	9:30	0.26	1.03	0.43	0.58	0.64	0.80
621	6/22/2006	10:00	0.04	1.32	0.28	0.74	0.72	0.93
622	6/22/2006	10:30	-0.20	1.35	0.13	0.86	0.77	0.99
623	6/22/2006	11:00	-0.40	1.55	-0.04	0.93	0.80	0.99
624	6/22/2006	11:30	-0.59	1.71	-0.20	0.96	0.77	0.94
625	6/22/2006	12:00	-0.75	1.80	-0.36	0.96	0.74	0.83
626	6/22/2006	12:30	-0.86	1.88	-0.51	0.92	0.65	0.68
627	6/22/2006	13:00	-0.91	1.83	-0.63	0.85	0.55	0.47
628	6/22/2006	13:30	-0.92	1.76	-0.73	0.74	0.43	0.23
629	6/22/2006	14:00	-0.88	1.56	-0.79	0.60	0.28	0.15
630	6/22/2006	14:30	-0.80	1.41	-0.81	0.42	0.13	0.40
631	6/22/2006	15:00	-0.71	1.33	-0.78	0.41	-0.04	0.61
632	6/22/2006	15:30	-0.58	0.98	-0.72	0.63	-0.20	0.74
633	6/22/2006	16:00	-0.45	0.77	-0.63	0.82	-0.36	0.79
634	6/22/2006	16:30	-0.32	0.62	-0.52	0.97	-0.50	0.80
635	6/22/2006	17:00	-0.19	0.42	-0.39	1.08	-0.63	0.75
636	6/22/2006	17:30	-0.08	0.17	-0.27	1.16	-0.73	0.66
637	6/22/2006	18:00	0.03	0.14	-0.16	1.19	-0.78	0.51
638	6/22/2006	18:30	0.13	0.34	-0.04	1.18	-0.80	0.31
639	6/22/2006	19:00	0.18	0.54	0.04	1.13	-0.78	0.07
640	6/22/2006	19:30	0.25	0.53	0.07	1.05	-0.72	0.26
641	6/22/2006	20:00	0.27	0.46	0.14	0.92	-0.62	0.54
642	6/22/2006	20:30	0.27	0.32	0.11	0.76	-0.51	0.78
643	6/22/2006	21:00	0.26	0.07	0.12	0.56	-0.39	0.96
644	6/22/2006	21:30	0.21	0.32	0.08	0.41	-0.27	1.09
645	6/22/2006	22:00	0.15	0.67	0.04	0.58	-0.15	1.16

646	6/22/2006	22:30	0.08	0.95	0.00	0.81	-0.04	1.17
647	6/22/2006	23:00	-0.01	1.13	-0.09	0.98	0.03	1.12
648	6/22/2006	23:30	-0.08	1.40	-0.11	1.09	0.07	1.01
649	6/23/2006	0:00	-0.14	1.40	-0.19	1.16	0.13	0.83
650	6/23/2006	0:30	-0.19	1.33	-0.21	1.20	0.11	0.60
651	6/23/2006	1:00	-0.19	1.13	-0.25	1.20	0.13	0.30
652	6/23/2006	1:30	-0.19	1.14	-0.26	1.17	0.07	0.17
653	6/23/2006	2:00	-0.16	1.40	-0.23	1.10	0.04	0.52
654	6/23/2006	2:30	-0.08	1.44	-0.22	0.99	-0.01	0.82
655	6/23/2006	3:00	0.03	1.34	-0.14	0.86	-0.08	1.03
656	6/23/2006	3:30	0.17	1.30	-0.06	0.70	-0.11	1.19
657	6/23/2006	4:00	0.33	1.17	0.07	0.52	-0.19	1.31
658	6/23/2006	4:30	0.46	0.97	0.20	0.36	-0.20	1.37
659	6/23/2006	5:00	0.61	0.73	0.34	0.50	-0.25	1.38
660	6/23/2006	5:30	0.74	0.60	0.50	0.67	-0.25	1.32
661	6/23/2006	6:00	0.83	0.53	0.62	0.80	-0.24	1.20
662	6/23/2006	6:30	0.93	0.49	0.75	0.88	-0.21	1.04
663	6/23/2006	7:00	0.96	0.45	0.83	0.93	-0.13	0.84
664	6/23/2006	7:30	0.95	0.48	0.89	0.93	-0.06	0.60
665	6/23/2006	8:00	0.94	0.50	0.91	0.90	0.07	0.33
666	6/23/2006	8:30	0.85	0.56	0.89	0.83	0.20	0.07
667	6/23/2006	9:00	0.73	0.72	0.84	0.73	0.35	0.31
668	6/23/2006	9:30	0.58	0.91	0.73	0.60	0.50	0.58
669	6/23/2006	10:00	0.38	1.06	0.61	0.44	0.63	0.77
670	6/23/2006	10:30	0.17	1.25	0.45	0.39	0.75	0.91
671	6/23/2006	11:00	-0.06	1.37	0.28	0.56	0.83	0.99
672	6/23/2006	11:30	-0.29	1.23	0.09	0.72	0.90	1.01
673	6/23/2006	12:00	-0.51	1.42	-0.11	0.82	0.91	0.98
674	6/23/2006	12:30	-0.74	1.81	-0.30	0.88	0.89	0.88
675	6/23/2006	13:00	-0.90	1.82	-0.49	0.89	0.84	0.73
676	6/23/2006	13:30	-1.01	1.84	-0.66	0.86	0.73	0.53
677	6/23/2006	14:00	-1.09	1.90	-0.82	0.79	0.61	0.29
678	6/23/2006	14:30	-1.07	1.82	-0.92	0.68	0.45	0.14
679	6/23/2006	15:00	-1.01	1.53	-0.99	0.53	0.28	0.36
680	6/23/2006	15:30	-0.94	1.59	-1.00	0.35	0.09	0.59
681	6/23/2006	16:00	-0.82	1.50	-0.97	0.50	-0.10	0.74
682	6/23/2006	16:30	-0.66	1.12	-0.89	0.72	-0.30	0.82
683	6/23/2006	17:00	-0.51	0.89	-0.77	0.92	-0.49	0.84
684	6/23/2006	17:30	-0.35	0.63	-0.64	1.07	-0.66	0.81
685	6/23/2006	18:00	-0.19	0.38	-0.48	1.19	-0.81	0.73
686	6/23/2006	18:30	-0.06	0.11	-0.33	1.27	-0.91	0.60
687	6/23/2006	19:00	0.09	0.14	-0.18	1.30	-0.98	0.41
688	6/23/2006	19:30	0.17	0.42	-0.04	1.30	-1.00	0.18
689	6/23/2006	20:00	0.25	0.48	0.01	1.25	-0.96	0.13
690	6/23/2006	20:30	0.30	0.59	0.11	1.15	-0.89	0.44
691	6/23/2006	21:00	0.32	0.53	0.12	1.02	-0.77	0.69
692	6/23/2006	21:30	0.33	0.49	0.14	0.84	-0.63	0.90
693	6/23/2006	22:00	0.32	0.34	0.14	0.63	-0.48	1.05
694	6/23/2006	22:30	0.28	0.06	0.09	0.41	-0.32	1.15
695	6/23/2006	23:00	0.24	0.24	0.07	0.58	-0.18	1.19
696	6/23/2006	23:30	0.17	0.58	-0.01	0.85	-0.05	1.16
697	6/24/2006	0:00	0.08	0.89	-0.05	1.03	0.01	1.07
698	6/24/2006	0:30	0.00	1.15	-0.12	1.16	0.12	0.92
699	6/24/2006	1:00	-0.07	1.17	-0.17	1.25	0.12	0.71
700	6/24/2006	1:30	-0.13	1.50	-0.21	1.29	0.15	0.44
701	6/24/2006	2:00	-0.15	1.44	-0.25	1.31	0.13	0.14
702	6/24/2006	2:30	-0.15	1.32	-0.24	1.27	0.09	0.36
703	6/24/2006	3:00	-0.09	1.28	-0.25	1.20	0.06	0.70
704	6/24/2006	3:30	-0.02	1.44	-0.20	1.09	-0.01	0.94

705	6/24/2006	4:00	0.08	1.34	-0.13	0.94	-0.05	1.12
706	6/24/2006	4:30	0.24	1.30	-0.03	0.77	-0.12	1.25
707	6/24/2006	5:00	0.38	1.23	0.10	0.57	-0.16	1.33
708	6/24/2006	5:30	0.54	1.07	0.24	0.37	-0.21	1.36
709	6/24/2006	6:00	0.69	0.92	0.42	0.49	-0.24	1.33
710	6/24/2006	6:30	0.79	0.83	0.57	0.69	-0.24	1.24
711	6/24/2006	7:00	0.91	0.65	0.72	0.84	-0.24	1.10
712	6/24/2006	7:30	0.98	0.53	0.85	0.95	-0.19	0.92
713	6/24/2006	8:00	1.02	0.48	0.93	1.01	-0.13	0.70
714	6/24/2006	8:30	1.02	0.38	0.99	1.03	-0.03	0.45
715	6/24/2006	9:00	0.95	0.50	1.00	1.00	0.10	0.18
716	6/24/2006	9:30	0.85	0.63	0.97	0.94	0.25	0.14
717	6/24/2006	10:00	0.71	0.75	0.85	0.84	0.42	0.43
718	6/24/2006	10:30	0.51	0.82	0.76	0.70	0.57	0.64
719	6/24/2006	11:00	0.30	0.96	0.58	0.53	0.73	0.80
720	6/24/2006	11:30	0.07	1.22	0.41	0.38	0.85	0.89
721	6/24/2006	12:00	-0.19	1.41	0.20	0.52	0.94	0.92
722	6/24/2006	12:30	-0.44	1.36	-0.01	0.70	0.99	0.90
723	6/24/2006	13:00	-0.69	1.52	-0.21	0.84	1.01	0.81
724	6/24/2006	13:30	-0.92	1.80	-0.45	0.92	0.96	0.67
725	6/24/2006	14:00	-1.08	1.88	-0.62	0.94	0.86	0.47
726	6/24/2006	14:30	-1.19	1.95	-0.83	0.91	0.76	0.23
727	6/24/2006	15:00	-1.22	1.78	-0.97	0.85	0.58	0.16
728	6/24/2006	15:30	-1.21	1.92	-1.08	0.74	0.42	0.42
729	6/24/2006	16:00	-1.13	1.75	-1.14	0.59	0.20	0.65
730	6/24/2006	16:30	-1.01	1.58	-1.13	0.39	0.00	0.80
731	6/24/2006	17:00	-0.84	1.39	-1.08	0.46	-0.22	0.87
732	6/24/2006	17:30	-0.66	1.15	-0.96	0.71	-0.44	0.90
733	6/24/2006	18:00	-0.47	0.90	-0.83	0.92	-0.62	0.87
734	6/24/2006	18:30	-0.29	0.51	-0.65	1.09	-0.82	0.79
735	6/24/2006	19:00	-0.12	0.28	-0.46	1.21	-0.95	0.66
736	6/24/2006	19:30	0.02	0.12	-0.29	1.29	-1.08	0.49
737	6/24/2006	20:00	0.16	0.42	-0.16	1.33	-1.13	0.28
738	6/24/2006	20:30	0.25	0.72	-0.02	1.32	-1.12	0.06
739	6/24/2006	21:00	0.31	0.81	0.06	1.26	-1.07	0.32
740	6/24/2006	21:30	0.34	0.91	0.13	1.15	-0.95	0.59
741	6/24/2006	22:00	0.36	0.84	0.15	1.00	-0.82	0.81
742	6/24/2006	22:30	0.34	0.74	0.15	0.79	-0.64	0.98
743	6/24/2006	23:00	0.32	0.51	0.14	0.54	-0.45	1.10
744	6/24/2006	23:30	0.28	0.33	0.09	0.46	-0.31	1.17
745	6/25/2006	0:00	0.22	0.05	0.05	0.75	-0.15	1.19
746	6/25/2006	0:30	0.16	0.38	-0.02	1.01	-0.03	1.13
747	6/25/2006	1:00	0.06	0.76	-0.07	1.19	0.06	1.02
748	6/25/2006	1:30	-0.04	1.09	-0.14	1.32	0.13	0.85
749	6/25/2006	2:00	-0.12	1.38	-0.19	1.41	0.14	0.62
750	6/25/2006	2:30	-0.18	1.51	-0.23	1.46	0.16	0.34
751	6/25/2006	3:00	-0.19	1.55	-0.27	1.46	0.13	0.16
752	6/25/2006	3:30	-0.16	1.62	-0.26	1.41	0.10	0.45
753	6/25/2006	4:00	-0.10	1.54	-0.25	1.31	0.05	0.75
754	6/25/2006	4:30	0.00	1.45	-0.20	1.17	-0.02	0.95
755	6/25/2006	5:00	0.13	1.29	-0.12	1.00	-0.07	1.09
756	6/25/2006	5:30	0.28	1.26	0.00	0.80	-0.14	1.18
757	6/25/2006	6:00	0.44	1.23	0.15	0.57	-0.18	1.23
758	6/25/2006	6:30	0.62	1.02	0.31	0.37	-0.24	1.23
759	6/25/2006	7:00	0.76	0.86	0.49	0.54	-0.26	1.17
760	6/25/2006	7:30	0.86	0.71	0.66	0.76	-0.26	1.06
761	6/25/2006	8:00	0.97	0.55	0.82	0.92	-0.25	0.90
762	6/25/2006	8:30	1.00	0.41	0.94	1.03	-0.19	0.71
763	6/25/2006	9:00	1.03	0.33	1.01	1.09	-0.12	0.48

764	6/25/2006	9:30	1.00	0.19	1.06	1.11	0.00	0.22
765	6/25/2006	10:00	0.90	0.26	1.05	1.08	0.15	0.10
766	6/25/2006	10:30	0.79	0.39	0.95	1.00	0.32	0.39
767	6/25/2006	11:00	0.62	0.61	0.87	0.88	0.50	0.62
768	6/25/2006	11:30	0.41	0.79	0.69	0.71	0.67	0.79
769	6/25/2006	12:00	0.18	0.94	0.52	0.52	0.82	0.90
770	6/25/2006	12:30	-0.08	1.14	0.32	0.40	0.94	0.97
771	6/25/2006	13:00	-0.35	1.40	0.08	0.58	1.02	0.97
772	6/25/2006	13:30	-0.61	1.50	-0.12	0.78	1.06	0.92
773	6/25/2006	14:00	-0.86	1.54	-0.37	0.92	1.06	0.81
774	6/25/2006	14:30	-1.04	1.71	-0.57	0.99	0.95	0.65
775	6/25/2006	15:00	-1.21	1.90	-0.79	1.00	0.88	0.45
776	6/25/2006	15:30	-1.29	1.84	-0.96	0.97	0.69	0.21
777	6/25/2006	16:00	-1.30	1.84	-1.09	0.89	0.53	0.17
778	6/25/2006	16:30	-1.25	1.83	-1.20	0.77	0.32	0.42
779	6/25/2006	17:00	-1.11	1.55	-1.21	0.60	0.08	0.62
780	6/25/2006	17:30	-0.95	1.54	-1.19	0.39	-0.12	0.75
781	6/25/2006	18:00	-0.75	1.33	-1.09	0.49	-0.37	0.81
782	6/25/2006	18:30	-0.54	0.97	-0.95	0.75	-0.56	0.82
783	6/25/2006	19:00	-0.35	0.53	-0.77	0.97	-0.78	0.78
784	6/25/2006	19:30	-0.17	0.19	-0.56	1.14	-0.95	0.70
785	6/25/2006	20:00	-0.01	0.19	-0.39	1.26	-1.09	0.58
786	6/25/2006	20:30	0.12	0.56	-0.20	1.34	-1.19	0.40
787	6/25/2006	21:00	0.22	0.94	-0.07	1.37	-1.20	0.18
788	6/25/2006	21:30	0.29	1.06	0.06	1.34	-1.19	0.10
789	6/25/2006	22:00	0.34	1.11	0.13	1.26	-1.08	0.38
790	6/25/2006	22:30	0.37	1.06	0.17	1.12	-0.94	0.63
791	6/25/2006	23:00	0.36	0.97	0.19	0.93	-0.76	0.82
792	6/25/2006	23:30	0.34	0.80	0.17	0.68	-0.57	0.97
793	6/26/2006	0:00	0.31	0.58	0.15	0.41	-0.39	1.07
794	6/26/2006	0:30	0.26	0.31	0.09	0.62	-0.20	1.11
795	6/26/2006	1:00	0.20	0.06	0.03	0.93	-0.07	1.10
796	6/26/2006	1:30	0.10	0.51	-0.03	1.16	0.06	1.03
797	6/26/2006	2:00	0.01	0.95	-0.10	1.33	0.13	0.91
798	6/26/2006	2:30	-0.07	1.12	-0.16	1.45	0.17	0.73
799	6/26/2006	3:00	-0.17	1.38	-0.22	1.54	0.19	0.49
800	6/26/2006	3:30	-0.21	1.55	-0.26	1.56	0.17	0.21
801	6/26/2006	4:00	-0.20	1.60	-0.28	1.54	0.15	0.22
802	6/26/2006	4:30	-0.14	1.59	-0.28	1.45	0.09	0.54
803	6/26/2006	5:00	-0.05	1.57	-0.26	1.31	0.04	0.78
804	6/26/2006	5:30	0.06	1.53	-0.20	1.14	-0.03	0.95
805	6/26/2006	6:00	0.22	1.35	-0.10	0.93	-0.10	1.06
806	6/26/2006	6:30	0.40	1.10	0.04	0.70	-0.16	1.14
807	6/26/2006	7:00	0.55	1.03	0.20	0.44	-0.22	1.17
808	6/26/2006	7:30	0.72	0.98	0.39	0.46	-0.26	1.15
809	6/26/2006	8:00	0.85	0.71	0.58	0.72	-0.28	1.08
810	6/26/2006	8:30	0.96	0.53	0.75	0.92	-0.28	0.96
811	6/26/2006	9:00	1.02	0.33	0.90	1.07	-0.26	0.80
812	6/26/2006	9:30	1.06	0.23	1.00	1.17	-0.19	0.61
813	6/26/2006	10:00	1.05	0.18	1.06	1.22	-0.09	0.38
814	6/26/2006	10:30	0.98	0.18	1.09	1.21	0.04	0.13
815	6/26/2006	11:00	0.87	0.23	0.99	1.15	0.21	0.17
816	6/26/2006	11:30	0.71	0.25	0.93	1.04	0.39	0.43
817	6/26/2006	12:00	0.52	0.55	0.76	0.89	0.59	0.63
818	6/26/2006	12:30	0.30	0.90	0.59	0.70	0.76	0.77
819	6/26/2006	13:00	0.03	1.10	0.41	0.48	0.90	0.86
820	6/26/2006	13:30	-0.24	1.44	0.15	0.45	1.00	0.90
821	6/26/2006	14:00	-0.51	1.58	-0.04	0.68	1.07	0.88
822	6/26/2006	14:30	-0.76	1.42	-0.31	0.88	1.10	0.81

823	6/26/2006	15:00	-0.99	1.63	-0.50	0.99	0.99	0.70
824	6/26/2006	15:30	-1.17	1.82	-0.72	1.04	0.94	0.53
825	6/26/2006	16:00	-1.30	2.06	-0.92	1.04	0.76	0.33
826	6/26/2006	16:30	-1.32	1.92	-1.07	0.98	0.60	0.12
827	6/26/2006	17:00	-1.27	1.75	-1.20	0.89	0.40	0.25
828	6/26/2006	17:30	-1.18	1.82	-1.23	0.74	0.15	0.49
829	6/26/2006	18:00	-1.01	1.70	-1.24	0.55	-0.04	0.66
830	6/26/2006	18:30	-0.80	1.32	-1.15	0.35	-0.31	0.76
831	6/26/2006	19:00	-0.61	1.10	-1.01	0.59	-0.49	0.80
832	6/26/2006	19:30	-0.37	0.83	-0.84	0.85	-0.73	0.80
833	6/26/2006	20:00	-0.20	0.57	-0.63	1.06	-0.91	0.77
834	6/26/2006	20:30	-0.04	0.07	-0.44	1.22	-1.06	0.69
835	6/26/2006	21:00	0.11	0.46	-0.24	1.33	-1.19	0.56
836	6/26/2006	21:30	0.22	0.87	-0.09	1.38	-1.22	0.40
837	6/26/2006	22:00	0.30	1.14	0.05	1.38	-1.23	0.20
838	6/26/2006	22:30	0.35	1.16	0.14	1.33	-1.14	0.06
839	6/26/2006	23:00	0.36	1.13	0.19	1.21	-1.01	0.32
840	6/26/2006	23:30	0.37	0.98	0.22	1.04	-0.83	0.54
841	6/27/2006	0:00	0.35	0.86	0.20	0.81	-0.63	0.72
842	6/27/2006	0:30	0.31	0.69	0.18	0.53	-0.44	0.85
843	6/27/2006	1:00	0.25	0.46	0.12	0.49	-0.24	0.94
844	6/27/2006	1:30	0.18	0.08	0.07	0.84	-0.09	0.98
845	6/27/2006	2:00	0.09	0.32	0.01	1.11	0.06	0.97
846	6/27/2006	2:30	-0.01	0.87	-0.07	1.31	0.14	0.90
847	6/27/2006	3:00	-0.12	1.23	-0.13	1.46	0.19	0.78
848	6/27/2006	3:30	-0.22	1.37	-0.21	1.57	0.22	0.61
849	6/27/2006	4:00	-0.28	1.60	-0.26	1.63	0.20	0.40
850	6/27/2006	4:30	-0.29	1.64	-0.29	1.62	0.18	0.15
851	6/27/2006	5:00	-0.25	1.60	-0.30	1.55	0.12	0.22
852	6/27/2006	5:30	-0.16	1.76	-0.30	1.42	0.07	0.50
853	6/27/2006	6:00	-0.04	1.54	-0.25	1.26	0.00	0.71
854	6/27/2006	6:30	0.11	1.42	-0.18	1.05	-0.07	0.85
855	6/27/2006	7:00	0.30	1.15	-0.05	0.82	-0.13	0.93
856	6/27/2006	7:30	0.47	1.20	0.12	0.56	-0.21	0.98
857	6/27/2006	8:00	0.63	1.00	0.29	0.38	-0.25	0.99
858	6/27/2006	8:30	0.80	0.82	0.49	0.64	-0.29	0.95
859	6/27/2006	9:00	0.91	0.59	0.66	0.88	-0.30	0.88
860	6/27/2006	9:30	0.98	0.35	0.83	1.06	-0.30	0.76
861	6/27/2006	10:00	1.03	0.20	0.94	1.18	-0.25	0.60
862	6/27/2006	10:30	1.03	0.17	1.01	1.25	-0.17	0.40
863	6/27/2006	11:00	0.97	0.21	1.05	1.27	-0.04	0.17
864	6/27/2006	11:30	0.88	0.17	1.03	1.22	0.12	0.10
865	6/27/2006	12:00	0.75	0.07	0.90	1.13	0.30	0.37
866	6/27/2006	12:30	0.56	0.36	0.82	0.99	0.49	0.59
867	6/27/2006	13:00	0.34	0.71	0.61	0.81	0.67	0.75
868	6/27/2006	13:30	0.08	1.02	0.44	0.58	0.83	0.87
869	6/27/2006	14:00	-0.19	1.34	0.23	0.41	0.94	0.94
870	6/27/2006	14:30	-0.46	1.55	-0.02	0.60	1.01	0.96
871	6/27/2006	15:00	-0.71	1.47	-0.21	0.83	1.05	0.93
872	6/27/2006	15:30	-0.95	1.56	-0.47	0.99	1.03	0.86
873	6/27/2006	16:00	-1.16	1.79	-0.64	1.06	0.90	0.74
874	6/27/2006	16:30	-1.30	1.86	-0.86	1.08	0.82	0.57
875	6/27/2006	17:00	-1.36	2.00	-1.01	1.06	0.61	0.38
876	6/27/2006	17:30	-1.33	2.09	-1.13	0.97	0.44	0.16
877	6/27/2006	18:00	-1.22	1.86	-1.22	0.85	0.22	0.17
878	6/27/2006	18:30	-1.04	1.56	-1.20	0.68	-0.01	0.38
879	6/27/2006	19:00	-0.84	1.53	-1.16	0.45	-0.22	0.55
880	6/27/2006	19:30	-0.61	1.25	-1.02	0.44	-0.46	0.66
881	6/27/2006	20:00	-0.41	0.80	-0.86	0.73	-0.63	0.72

882	6/27/2006	20:30	-0.21	0.29	-0.66	0.97	-0.85	0.74
883	6/27/2006	21:00	-0.04	0.17	-0.44	1.15	-1.00	0.71
884	6/27/2006	21:30	0.10	0.48	-0.25	1.29	-1.13	0.64
885	6/27/2006	22:00	0.23	0.91	-0.07	1.37	-1.20	0.55
886	6/27/2006	22:30	0.28	1.14	0.06	1.39	-1.19	0.41
887	6/27/2006	23:00	0.35	1.26	0.17	1.36	-1.15	0.25
888	6/27/2006	23:30	0.35	1.25	0.22	1.27	-1.01	0.05
889	6/28/2006	0:00	0.35	1.18	0.25	1.11	-0.85	0.19
890	6/28/2006	0:30	0.34	1.03	0.25	0.90	-0.65	0.41
891	6/28/2006	1:00	0.31	0.75	0.21	0.63	-0.44	0.58
892	6/28/2006	1:30	0.24	0.43	0.18	0.43	-0.25	0.71
893	6/28/2006	2:00	0.18	0.13	0.11	0.73	-0.07	0.79
894	6/28/2006	2:30	0.10	0.31	0.05	1.04	0.06	0.83
895	6/28/2006	3:00	0.00	0.77	-0.03	1.26	0.17	0.82
896	6/28/2006	3:30	-0.10	1.18	-0.11	1.43	0.22	0.77
897	6/28/2006	4:00	-0.20	1.38	-0.17	1.55	0.25	0.67
898	6/28/2006	4:30	-0.26	1.51	-0.24	1.62	0.24	0.53
899	6/28/2006	5:00	-0.29	1.67	-0.28	1.64	0.21	0.35
900	6/28/2006	5:30	-0.28	1.74	-0.31	1.58	0.17	0.14
901	6/28/2006	6:00	-0.19	1.71	-0.31	1.47	0.11	0.19
902	6/28/2006	6:30	-0.09	1.64	-0.28	1.31	0.05	0.43
903	6/28/2006	7:00	0.07	1.51	-0.23	1.12	-0.03	0.63
904	6/28/2006	7:30	0.25	1.29	-0.11	0.89	-0.11	0.75
905	6/28/2006	8:00	0.41	1.13	0.03	0.64	-0.17	0.84
906	6/28/2006	8:30	0.60	0.78	0.21	0.38	-0.24	0.88
907	6/28/2006	9:00	0.74	0.54	0.39	0.58	-0.27	0.89
908	6/28/2006	9:30	0.85	0.43	0.57	0.84	-0.31	0.87
909	6/28/2006	10:00	0.94	0.17	0.73	1.04	-0.30	0.80
910	6/28/2006	10:30	0.96	0.21	0.86	1.18	-0.28	0.70
911	6/28/2006	11:00	0.98	0.28	0.94	1.27	-0.22	0.57
912	6/28/2006	11:30	0.91	0.56	0.97	1.30	-0.10	0.40
913	6/28/2006	12:00	0.83	0.53	0.98	1.27	0.03	0.20
914	6/28/2006	12:30	0.72	0.41	0.87	1.19	0.21	0.06
915	6/28/2006	13:00	0.56	0.14	0.77	1.06	0.39	0.28
916	6/28/2006	13:30	0.39	0.15	0.63	0.88	0.58	0.49
917	6/28/2006	14:00	0.17	0.52	0.42	0.67	0.74	0.64
918	6/28/2006	14:30	-0.07	0.91	0.26	0.43	0.86	0.75
919	6/28/2006	15:00	-0.33	1.33	0.00	0.52	0.94	0.81
920	6/28/2006	15:30	-0.59	1.51	-0.17	0.77	0.97	0.83
921	6/28/2006	16:00	-0.82	1.59	-0.41	0.95	0.98	0.81
922	6/28/2006	16:30	-1.02	1.69	-0.59	1.05	0.86	0.74
923	6/28/2006	17:00	-1.16	1.64	-0.76	1.09	0.78	0.63
924	6/28/2006	17:30	-1.25	1.88	-0.95	1.08	0.62	0.49
925	6/28/2006	18:00	-1.25	2.08	-1.04	1.02	0.43	0.31
926	6/28/2006	18:30	-1.16	1.92	-1.15	0.91	0.26	0.11
927	6/28/2006	19:00	-1.01	1.70	-1.14	0.75	0.01	0.20
928	6/28/2006	19:30	-0.83	1.42	-1.10	0.55	-0.17	0.41
929	6/28/2006	20:00	-0.60	1.21	-0.99	0.35	-0.41	0.58
930	6/28/2006	20:30	-0.38	0.98	-0.83	0.62	-0.58	0.69
931	6/28/2006	21:00	-0.18	0.67	-0.65	0.87	-0.76	0.75
932	6/28/2006	21:30	0.01	0.30	-0.43	1.08	-0.94	0.77
933	6/28/2006	22:00	0.12	0.24	-0.24	1.23	-1.04	0.77
934	6/28/2006	22:30	0.25	0.72	-0.06	1.33	-1.14	0.73
935	6/28/2006	23:00	0.32	1.06	0.08	1.38	-1.13	0.65
936	6/28/2006	23:30	0.34	1.17	0.19	1.36	-1.10	0.55
937	6/29/2006	0:00	0.39	1.14	0.26	1.29	-0.98	0.42
938	6/29/2006	0:30	0.36	1.13	0.28	1.16	-0.82	0.26
939	6/29/2006	1:00	0.33	1.06	0.28	0.97	-0.64	0.08
940	6/29/2006	1:30	0.32	0.90	0.25	0.72	-0.42	0.14

941	6/29/2006	2:00	0.24	0.65	0.21	0.43	-0.24	0.33
942	6/29/2006	2:30	0.18	0.37	0.15	0.61	-0.06	0.48
943	6/29/2006	3:00	0.12	0.12	-1.14	0.94	0.08	0.58
944	6/29/2006	3:30	0.02	0.50	-1.10	1.18	0.19	0.64
945	6/29/2006	4:00	-0.07	0.94	-0.99	1.36	0.26	0.66
946	6/29/2006	4:30	-0.15	1.29	-0.83	1.49	0.28	0.64
947	6/29/2006	5:00	-0.23	1.40	-0.65	1.58	0.28	0.58
948	6/29/2006	5:30	-0.27	1.65	-0.43	1.60	0.25	0.47
949	6/29/2006	6:00	-0.26	1.50	-0.24	1.57	0.22	0.34
950	6/29/2006	6:30	-0.19	1.75	-0.06	1.48	0.15	0.17

BIODATA PENULIS

BIODATA PENULIS



Luli Bangkit Sugito adalah seorang pria Muslim yang lahir pada 9 Februari 1993 di Kota Bandar Lampung. Penulis menyelesaikan studi Taman Kanak-kanak (TK) 1999 - 2000, Sekolah Dasar (SD) 2000 - 2005, dan Sekolah Menengah Pertama (SMP) 2005 - 2008 di Fransiskus Tanjung Karang. Lalu penulis melanjutkan sekolah menengah di SMA Negeri 9 Bandar Lampung pada 2008 – 2011 dan pada tahun 2011 juga diterima pada Program Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Kelautan, Fakultas Teknologi

Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Penulis menjadi aktivis organisasi mahasiswa pada semester tiga hingga semester enam perkuliahan, antara lain menjadi staff terbaik Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan 2013, Ketua Departemen Kewirausahaan Himpunan Mahasiswa Teknik Kelautan 2014 dan berbagai kegiatan di tingkat Fakultas dan Institut. Pada semester enam hingga sepuluh penulis bekerja sebagai *surveyor*, *consultant*, dan *oceanographer* pada berbagai proyek di ITS dan luar ITS. Penulis juga telah menyelesaikan Kerja Praktek (KP) di Balai Teknologi Survei Kelautan (BPPT Jakarta) selama dua bulan pada bulan Juli - September 2015. Buku tugas akhir yang berjudul “*Studi Arus Laut Pada Selat Alas Untuk Pemetaan Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Arus Laut*” diselesaikan dalam waktu tiga semester sebagai salah satu syarat kelulusan sarjana S1.

Pada semester sepuluh, penulis memilih profesi menjadi wirausaha dan telah mengembangkan *brand* busana muslim dengan nama Mac Malik dan berhasil mencapai omzet 30 juta rupiah per bulan pada saat Tugas Akhir ini selesai dibuat (semester dua belas).